

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Ivan Rusan

Zagreb, 2010.

Sveučilište u Zagrebu
Fakultet strojarstva i brodogradnje

DIPLOMSKI RAD

Voditelj rada:

Prof. dr. sc. Toma Udiljak

Ivan Rusan

Zagreb, 2010.

IZJAVA

Izjavljujem da sam Diplomski rad izradio samostalno koristeći navedenu literaturu, te znanje stečeno na Fakultetu strojarstva i brodogradnje, Sveučilišta u Zagrebu.

Zahvaljujem se Prof. dr. sc. Tomi Udiljaku voditelju ovog diplomskog rada na stručnoj pomoći i nadasve na savjetima za najbrži i najbolji put izrade ovog rada.

Sadržaj

SAŽETAK	I
POPIS SLIKA	II
1. UVOD	1
2. SUVREMENI CNC OBRADNI SUSTAVI	2
2.1 RAZVOJ I PODJELA ALATNIH STROJEVA	2
2.2 TRENDovi U MODERNOJ PROIZVODNJI	6
2.3 NC PROGRAM	8
3. OPĆENITO O DNC-U	9
3.1 RAZVOJ DNC-A KROZ POVIJEST	9
3.2 ZNAČAJKE SUVREMENOG DNC SUSTAVA	12
3.3 PRIKUPLJANJE PODATAKA IZ PROIZVODNJE (MDE / BDE)	14
3.4 DNC HARDVER	15
3.4.1 Serijski kabel	15
3.4.2 BTR (Behind-Tape-Reader)	16
3.4.3 PCI kartice s velikim brojem COM priključaka	17
3.4.4 RS-232 preklopke	18
3.4.5 Pretvornici serijske veze na Ethernet (Serial Device Servers)	19
3.4.6 Pretvornici serijske veze na bežičnu mrežu	20
3.5 DNC SOFTVER	21
3.6 RAZLIČITE KONFIGURACIJE DNC SUSTAVA	23
3.6.1 DNC sustavi bazirani na RS-232 sučelju	23
3.6.2 DNC sustavi bazirani na terminalima	24
3.6.3 DNC sustavi bazirani na lokalnim mrežama	25
4. RS-232 PROTOKOL	27
4.1 ŠTO JE RS-232	27
4.2 KONEKTORI	28
4.3 ELEKTRIČKE KARAKTERISTIKE I SIGNALI	29
4.4 PRIJENOS PODATAKA	33
4.4.1 Asinkroni prijenos	33
4.4.2 Sinkroni prijenos	34
4.5 NEDOSTACI I RJEŠENJA	35
5. CIM - PROIZVODNJA INTEGRIRANA RAČUNALOM	36
5.1 OBJAŠNJENJE POJMA I OSNOVNE ZNAČAJKE	36
5.2 RAZLOZI I PREDNOSTI UVOĐENJA CIM-A	37
6. PROJEKTIRANJE DNC SUSTAVA ZA LABORATORIJ ALATNIH STROJEVA	38
6.1 SNIMANJE TRENUTNOG STANJA	38

6.2	POPIS CNC/NC STROJEVA KOJI SU TRENUTNO U LABORATORIJU.....	39
6.3	IZRADA PLANA ZA BUDUĆI DNC SUSTAV	40
6.4	ODABIR HARDVERA	41
6.4.1	Pretvornici serijske veze na Ethernet	41
6.4.2	Glavni mrežni preklopnik.....	43
6.4.3	Mrežni preklopnici za svaki priključni čvor.....	44
6.5	ODABIR SOFTVERA.....	45
6.6	IZVEDBA I TEHNIČKA DOKUMENTACIJA	50
6.7	PODEŠAVANJE PARAMETARA ZA KOMUNIKACIJU	54
7.	ZAKLJUČAK.....	56
8.	LITERATURA	57

Sažetak

Tema rada je „DNC upravljanje“. Pod tim pojmom (eng. Direct / Distributed Numerical Control) izvorno se podrazumijeva direktno i/ili distribuirano upravljanje većeg broja računalom povezanih CNC strojeva. Danas se uglavnom koristi u smislu distribuiranog upravljanja odnosno učitavanja NC programa iz računala u CNC upravljačku napravu stroja i obrnuto. Osim CNC strojeva, DNC sustavi mogu uključivati i drugu računalno upravljaju proizvodnu opremu. Sve većim stupnjem digitalizacije i informatizacije proizvodnje DNC upravljanje postaje uobičajeno rješenje u suvremeno opremljenim proizvodnim pogonima.

Razvojem informatike i računalne tehnologije, postepeno se razvijaju i upravljačka računala CNC alatnih strojeva. Samim time razvijaju se i nastaju novi načini povezivanja strojeva na računalo. To znači da u jednom proizvodnom pogonu imamo strojeve najnovije generacije sa modernim sučeljima povezivanja i strojeve starije generacije sa starijim odnosno primitivnijim načinima spajanja. Da bi se svi ti strojevi efikasno povezali na isto računalo ili na istu računalnu mrežu potreban je dodatni hardver. Taj hardver najčešće je u obliku raznih pretvornika iz jednog protokola u drugi kao na primjer pretvorba iz serijske RS-232 veze na lokalnu mrežu odnosno Ethernet.

Za realizaciju DNC sustava osim samih strojeva koji se povezuju i pomoćnog hardvera, potreban je i odgovarajući softver. Preko tog softvera obavljati će se sve osnovne i dopunske funkcije DNC-a kao što su učitavanje NC programa iz računala u CNC upravljačku napravu i obratno, prikupljanje podataka iz proizvodnje, prepravljanje NC programa i ostalo.

U zadnjem dijelu rada prikazan je praktičan primjer projektiranja DNC sustava za Laboratorij alatnih strojeva Fakulteta strojarstva i brodogradnje kroz sve potrebne faze.

Popis slika

Slika 2.1 Jedan od prvih tokarskih strojeva, pokretan ljudskom snagom [2]	2
Slika 2.2 Suvremeni CNC tokarski obradni centar [3]	3
Slika 2.3 Obilježja suvremenog tržišta [5]	6
Slika 2.4 Posluživanje alatnog stroja robotom [6]	7
Slika 2.5 Primjer jednog NC programa i prikaz pripadajuće putanje alata [7]	8
Slika 3.1 Upravljačka naprava iz '70-ih godina [9]	9
Slika 3.2 Računalo „Prime“ [10]	10
Slika 3.3 Primjer suvremenog DNC sustava [11]	12
Slika 3.4 Grafički prikaz iskorištenosti stroja [13]	14
Slika 3.5 Shema spajanja RS-232 kabela za komunikaciju PC – CNC [14]	15
Slika 3.6 Behind Tape Reader [15]	16
Slika 3.7 PCI kartica za dodavanje COM priključaka osobnom računalu [15]	17
Slika 3.8 Primjer mehaničke preklopke sa 4 COM priključka [15]	18
Slika 3.9 Serijski na Ethernet pretvornik sa 4 COM priključka [15]	19
Slika 3.10 Pretvornik serijske veze na bežičnu mrežu [15]	20
Slika 3.11 Prikaz glavnog ekrana DNC aplikacije s popisom strojeva [16]	22
Slika 3.12 DNC sustav baziran na RS-232 sučelju [17]	23
Slika 3.13 DNC sustav baziran na terminalima [17]	24
Slika 3.14 DNC sustav baziran na lokalnoj mreži [17]	26
Slika 4.1 Izvorna namjena RS-232 standarda [18]	27
Slika 4.2 Standardni DB25 konektor za RS-232 protokol [18]	28
Slika 4.3 DB9 konektor kakvi se danas najčešće koriste za RS-232 protokol [18]	28
Slika 4.4 Prikaz napona koji se koriste kod RS-232 protokola [18]	29
Slika 4.5 Odnosi brzine prijenosa i duljine kabela [18]	30
Slika 4.6 Popis svih signala definiranih RS-232 protokolom [18]	31
Slika 4.7 Prikaz asinkronog prijenosa podataka [18]	34
Slika 4.8 Prikaz sinkronog prijenosa podataka [18]	34
Slika 6.1 Tlocrt Laboratorija za alatne strojeve	38
Slika 6.2 Shema LAN mreže i raspored priključnih čvorova	40
Slika 6.3 Pretvornik serijske veze na Ethernet Aaxeon - Devolinx STE-502C [19]	42
Slika 6.4 Mrežni preklopnik Edimax - ES-3116RL [20]	43

Slika 6.5 Mrežni preklopnik Edimax - ES-3205P [20]	44
Slika 6.6 Cimco Edit – grafička simulacija obrade [16]	45
Slika 6.7 Cimco DNC-Max – prikaz priključenih strojeva i status komunikacije [16]	46
Slika 6.8 Cimco NC-Base [16]	47
Slika 6.9 Cimco MDC-Max – prikaz statusa strojeva [16]	48
Slika 6.10 Cimco CAM-Base – prikaz raznih projekata i pripadajućih datoteka [16]	49
Slika 6.11 Kutija za elektroničke komponente Fibox [21]	50
Slika 6.12 Priključnica 220V za montažu na DIN šinu 35 mm [22]	51
Slika 6.13 Standardna DIN šina 35 mm [19]	51
Slika 6.14 RS-232 konektor za montažu na kutiju [23]	52
Slika 6.15 Ethernet konektor iz dva dijela [23]	52
Slika 6.16 Plastične kableske uvodnice za stupnjem zaštite IP67 [24]	53
Slika 6.17 Izgled gotove kutije sa ugrađenim komponentama	53
Slika 6.18 Cimco DNC-Max – podešavanje parametara za komunikaciju	54

1. UVOD

Pojam DNC upravljanja javlja se od ranih 1950-ih godina odnosno od početka masovne pojave NC upravljanih alatnih strojeva. U početku je DNC sustav, ako se to tako može nazvati, bio sastavljen od NC stroja i čitača bušenih papirnatih traka. Upravo su takve papirnatih trake služile kao memorija za pohranu NC programa. S vremenom su NC programi postajali sve veći i zahtjevniji te je zbog toga došlo do razvoja DNC-a u smjeru primjene osobnih računala. Tome je najviše pridonijela pojava i masovna primjena RS-232 protokola odnosno sučelja. Čak i velika većina današnjih CNC strojeva ima ugrađeno to sučelje za povezivanje. Glavni razlog zašto se taj protokol još i danas najviše koristi je jednostavnost prijenosa podataka i samog povezivanja.

Razvojem DNC sustava javljaju se i nove funkcije odnosno mogućnosti koje ti sustavi pružaju. U današnje vrijeme, suvremeni DNC sustavi puno su više od onoga u izvornoj verziji. Danas se sustavi DNC upravljanja učinkovito uključuju u sustave planiranja i praćenja proizvodnje poznate kao DNC/BDE i DNC/MDE.

2. SUVREMENI CNC OBRADNI SUSTAVI

2.1 Razvoj i podjela alatnih strojeva

Od početka razvoja alatnih strojeva (prije oko 200 godina) do 1949. godine, obrada odvajanjem čestica i alatni strojevi razvijali su se na radioničkom iskustvu i intuiciji, skromnom korištenju znanja o zakonima fizike i kemije. Razvitak industrijske proizvodnje a s time i alatnih strojeva može biti opisan s tri glavne radikalne i dalekosežne strukturne promjene. [1]

Prva promjena počela je krajem 18. stoljeća, a bila je označena zamjenom ljudskog rada strojevima. To je era energetike, koja počinje pojavom parnog stroja. Druga velika industrijska revolucija počinje krajem 19. stoljeća, a označena je značajnijim korištenjem električne energije. Za pogon alatnih strojeva to je značilo decentralizaciju pogonske energije. U to doba ustanovljena je osnova mehanizacije operacija, tj. početka mehanizacije.



Slika 2.1 Jedan od prvih tokarskih strojeva, pokretan ljudskom snagom [2]

Danas se nalazimo u trećoj fazi razvitka, automatizaciji, koja počinje 1950. godine s napretkom elektroničke obrade podataka. Treća faza razvoja industrije karakterizirana je drastičnim razvitkom informacijskih tehnologija posljednjih godina, koje će imati značajan utjecaj na budućnost, pa tako i na automatizirane tvornice.

Pojava numeričkog upravljanja u okviru projekta Parson 1949. naglo je izmijenila tijek razvoja alatnih strojeva, jer je tada bila moguća primjena digitalnih računala za upravljanje putanjom alata. Načela automatskog upravljanja prvi put uvedena su pri realizaciji Parson - ovih zamisli u laboratoriju za servomehanizme MIT - a 1952. godine. Razvitak tehnologije računala, posebno minijaturizacija računalskih sklopnih komponenti, zacrtala je novi put automatizacije alatnih strojeva. Ovakav razvoj imao je odlučujuće djelovanje na postojeću proizvodnu teoriju, potičući dalekosežna tehnička i društvena ostvarenja.



Slika 2.2 Suvremeni CNC tokarski obradni centar [3]

Godine 1968. D.N.T. Williamson razvio je i prikazao prvi fleksibilni obradni sustav. To je bila računalna integracija više numerički upravljanih alatnih strojeva i uređaja za rukovanje i transport, te spremište za sirovce i izratke. CNC (Computer Numerical Control) odnosno RNU - Računalno Numeričko Upravljanje koje se zasniva na mikroprocesorskoj tehnici, primjena LAN (Local Area Network) lokalnih mreža, proširenje načela integracije na softverske sustave za CAD, CAPP, CAM, primjena industrijskih robota i automatski vođenih transportera, usmjeren inženjerski pristup itd., pridonijeli su razvitku CIM-a (Computer Integrated Manufacturing) sustava.

Podjela alatnih strojeva može se napraviti na više načina. Jedan od načina podjele je prema vrsti postupka obrade odvajanjem čestica. Tako imamo strojeve za tokarenje – tokarilice, strojeve za glodanje – glodalice, strojeve za bušenje – bušilice, strojeve za piljenje – pile, strojeve za provlačenje, blanjanje, brušenje itd. Svaka od ovih vrsta strojeva ima svoju namjenu i u pravilu se ne može reći da su jedni važniji od drugih. [4]

Alatni strojevi mogu se podijeliti prema dimenziji na tri vrste, a to su laki, srednji i teški. Laki alatni strojevi služe za obradu sirovaca manjih dimenzija i masa. Strojevi srednje veličine najčešće se koriste pošto je većina proizvodnih zadataka upravo u srednjem dimenzijskom području. Teški strojevi primjenjuju se za obradu sirovaca najvećih dimenzija i masa. Svojstvo takvim strojevima je velika instalirana snaga, a najčešće se izvode u portalnom obliku.

Uz gore spomenutu podjelu alatnih strojeva, često se veže i podjela na normalne i na precizne alatne strojeve. Precizni alatni strojevi imaju kruću konstrukciju nego normalni strojevi što im osigurava povećanu preciznost kod obrade sirovaca.

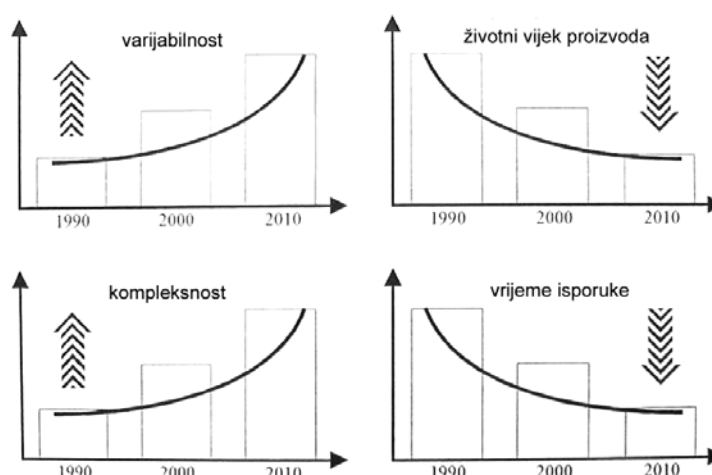
Sljedeća podjela alatnih strojeva zasniva se na konstrukcijskom rješenju posmičnog kinematskog lanca. Tu razlikujemo strojeve sa serijskom ili otvorenom kinematičkom strukturom gdje se jedna posmična os postavlja na drugu, i strojeve sa paralelnom ili zatvorenom kinematičkom strukturom (PKS, HEXAPOD). Danas su u velikoj većini alatni strojevi sa otvorenom kinematičkom strukturom, dok se ovi drugi tek razvijaju i usavršavaju, i njihovo vrijeme tek dolazi.

Danas najvažnija podjela alatnih strojeva temelji se na načinu upravljanja strojem. Upravljanje može biti ručno i automatsko. Kod ručno upravljanih strojeva operater rukama i očima preslikava izradak na sirovac. Nužno je da operater dobro poznaje mogućnosti stroja, gibanja i geometriju alata. Njegova vještina i sposobnost najbitniji su kod izrade dijelova. Automatski upravljani strojevi posjeduju memoriju u koju se spremaju podaci potrebni za izvršenje određene operacije. Memorija može biti kruta ili fleksibilna. U krutu memoriju spadaju šablone, krivulje, graničnici. Fleksibilna memorija je računalna memorija u koju se sprema program za automatsko upravljanje alatnim strojem.

2.2 Trendovi u modernoj proizvodnji

Glavno obilježje suvremenog tržišta je skraćenje vijeka trajanja proizvoda na tržištu. To je posljedica sve veće konkurentnosti i utjecaja želja kupaca na oblik i karakteristike proizvoda. Česte promjene želja kupaca također utječu na skraćenje vijeka trajanja proizvoda. Značajno je povećanje broja varijanti proizvoda, a samim time i smanjenje veličine serija. [5]

Iz obilježja suvremenog tržišta proizlaze i zahtjevi koji moraju biti ispunjeni u suvremenoj proizvodnji. Najznačajnije je smanjenje vremena protoka proizvoda kroz proizvodni proces tj. brža realizacija proizvoda od početne ideje do prodaje. Da bi mogli konkurirati na suvremenom tržištu potrebno je povećati proizvodnost i smanjiti troškove održavanja i nepotrebnih operacija.



Slika 2.3 Obilježja suvremenog tržišta [5]

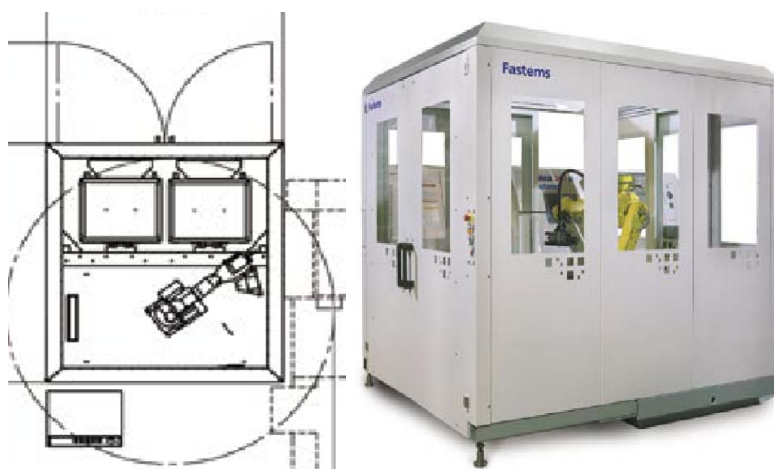
Iz svega navedenog može se zaključiti kakva svojstva i obilježja mora imati suvremeni obradni sustav. To je u prvom redu velika fleksibilnost i mogućnost brze reakcije na zahtjeve suvremenog konkurentnog tržišta. Potreban je visok stupanj iskorištenja radnog vremena, smanjenje pripremno – završnih vremena i skraćenje među - operacijskih zastoja. Održavanje ili čak povećavanje kvalitete proizvoda uz istovremeno smanjivanje troškova i minimalan otpad. U konačnici, cilj svakog proizvodnog sustava trebao bi biti autonoman rad u više smjena uz minimalno prisustvo ljudi u cilju oslobađanja operatera napornog, monotonog i opasnog rada.

Uvođenje fleksibilne automatizacije u industriji je najpovoljniji put za ostvarenje ciljeva suvremenog tržišta, jer nudi povećanje proizvodnosti, kvalitetu proizvoda, smanjenje proizvodnih troškova, očekuje se smanjenje troškova održavanja, potrebnog proizvodnog prostora, obrtnih sredstava za poluproizvode i sirovce, skraćanje roka izrade proizvoda (skraćanje roka isporuke), te omogućavanje pouzdanijeg planiranja proizvodnje. Suvremeno koncipirani alatni strojevi i obradni sustavi postaju, sa međusobnim povezivanjem, prilagodljivi za bilo koji tip industrijske proizvodnje te se lako mogu povezati u fleksibilne obradne sustave, gdje je onda najbitnije njihovo posluživanje u vidu skraćivanja vremena transporta i čekanja.

Fleksibilni proizvodni sustavi konstruirani su za prilagodljivu proizvodnju definiranu čestim i brzim izmjenama, dopunama i inovacijama. Roboti ili manipulatori rješenja su koja objedinjuju visoku fleksibilnost, autonomnost i pouzdanost. Fleksibilni obradni sustav (FOS) je integralni računalom upravljani kompleks numerički upravljanih alatnih strojeva, obradnih centara i fleksibilnih obradnih ćelija s automatskom izmjenom alata, pribora i obradaka, te povezanih transportnim sustavom.

Fleksibilni obradni sustavi obično se formiraju od sljedećih komponenti:

- Numeričkih upravljanih alatnih strojeva ili obradnih centara sa spremištem alata
- Sustava automatske izmjene alata i pribora
- Sustava automatske izmjene obradaka
- Središnjeg upravljačkog sustava, koji međusobno povezuje pojedine komponente

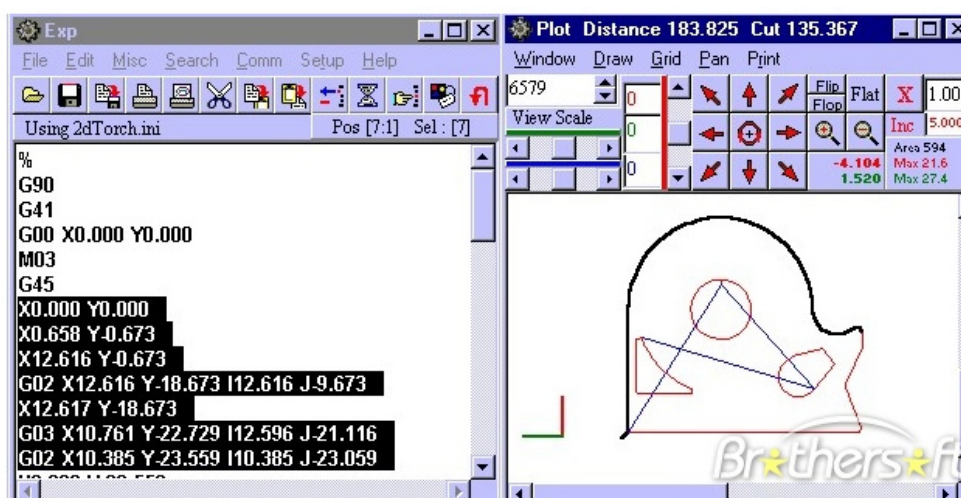


Slika 2.4 Posluživanje alatnog stroja robotom [6]

2.3 NC program

NC program je skup naredbi odnosno kodova koje upravljačko računalo stroja izvršava tj. pretvara u strojno gibanje i ostale popratne radnje. Uglavnom se sastoji od niza blokova koji predstavljaju pomake ili neke od dodatnih funkcija. CAD/CAM sustavi i sustavi za digitalizaciju ponekad generiraju programe sa sto (ili više) pomaka u sekundi (svakih nekoliko ms jedan pomak), odnosno šest (ili više) tisuća pomaka u minuti. Kod dijelova visoke tolerancije jedan pomak može biti i 0,05 mm (ili čak i manje), što uz 6000 pomaka u minuti daje posmičnu brzinu od 300 mm/min (ili manje). Program se, u većini slučajeva, šalje serijskom vezom iz osobnog računala u upravljačko računalo stroja. Iako nema jednoznačne definicije programiranja, kod programiranja NC strojeva može se reći da je to kodiranje informacija (geometrijskih i tehnoloških) potrebnih za obradu nekog dijela na NC stroju. [5]

U današnje vrijeme najčešći način programiranja CNC alatnih strojeva odnosno izrade NC programa je pomoću CAD / CAM sustava. Razlog za to je brzina i jednostavnost generiranja NC koda, a kod nekih složenijih izradaka ovo je ujedno i jedini mogući način. Prvi korak je stvaranje 3D modela proizvoda za koji se izrađuje CNC program. Nakon toga napravi se sklop sirovca, izratka i steznih naprava te se tada pristupa definiranju programskih operacija. Posljednji korak je generiranje G – koda pomoću postprocesora iz dobivenih putanji alata. U ovakvom načinu programiranja nije potrebno poznavati detalje o programskom kodu.



Slika 2.5 Primjer jednog NC programa i prikaz pripadajuće putanje alata [7]

3. OPĆENITO O DNC-U

3.1 Razvoj DNC-a kroz povijest

Samim početkom razvoja prvih numerički upravljanih strojeva započeo je i razvoj DNC-a. Iako tadašnji DNC sustavi nisu nimalo nalik na današnja rješenja, početna ideja na kojoj se sve temelji je ista – kako najlakše, najbrže i najsigurnije ubaciti NC program u upravljačku napravu stroja. Najveći problem u samom početku razvoja NC alatnih strojeva bila je memorija upravljačke naprave. To je razlog pojave prvih DNC sustava, ako se to uopće može tako nazvati. Kao vanjska memorija koristile su se bušene papirnate trake i odgovarajući čitači za njih. Za ono doba to je bio veliki napredak, međutim taj način zapisivanja i pohranjivanja podatak imao je puno nedostataka i mana. Često se dešavalo da traka pukne, da mehanizam čitača trake zakaže itd. Unatoč tome, ti uređaji koristili su se otprilike tridesetak godina odnosno sve do razvoja i pojave prvih osobnih računala odnosno do 1980-ih godina. [8]



Slika 3.1 Upravljačka naprava iz '70-ih godina [9]

Osamdesetih godina počela je masovnija primjena računala općenito, a samim time i u industriji. Računala su se povezivala s NC upravljačkim napravama i NC programi su se tako ubacivali u strojeve. Ta računala većinom su bila Sun Microsystems, HP, Prime, DEC ili IBM na kojima se vrtio razni CAD/CAM softver. Razne tvrtke su se počele specijalizirati za DNC i nuditi robusne namjenske terminale i mreže za tu namjenu. Razvile su se i aplikacije pomoću kojih su se pratile i autorizirale izmjene u NC programima. Tada su operatori prvi puta dobili priliku modificirati NC programe na DNC terminalima. Nije se gubilo vrijeme na ubacivanja programa s papirnatih traka, zbog zastoja radi puknuća trake i drugih razloga vezanih uz čitače papirnatih traka.



Slika 3.2 Računalo „Prime“ [10]

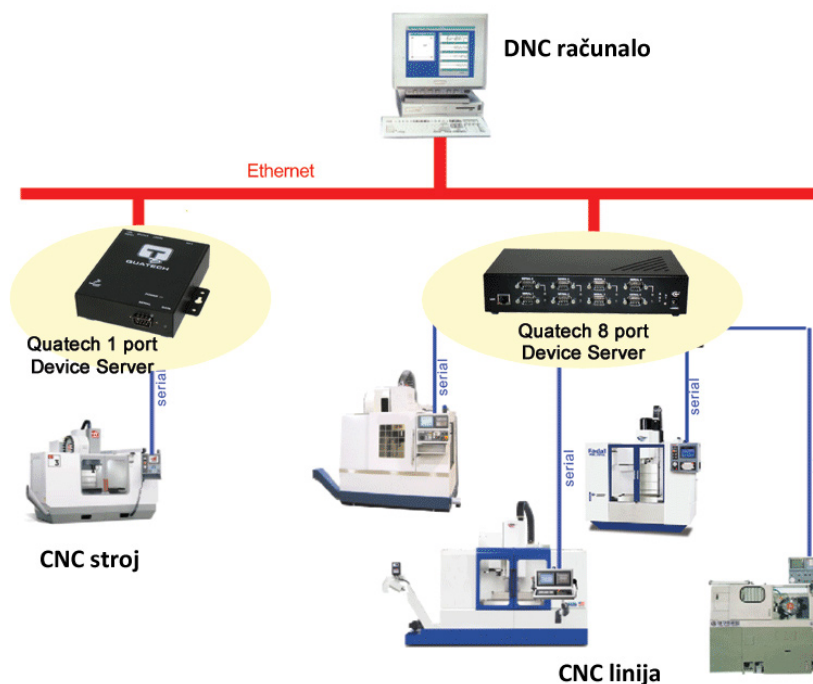
Najstarije varijante NC upravljačkih naprava nisu imale nikakvo sučelje za spajanje na računalo. Iz tog razloga pojavili su se uređaji pod nazivom "Behind Tape Reader". Ti uređaji zamjenjivali su čitače traka odnosno oponašali su signal koji je inače dolazio od čitača papirnatih traka u NC upravljačku napravu te su imali serijsko sučelje za povezivanje s računalom odnosno DNC sustavom. Sa gledišta upravljačke naprave, signal je opet bio u istom obliku kao da dolazi od čitača papirnatih traka. Čak su se stavljale preklopke tako da se je mogao birati izvor signala, BTR emulator ili stvarni čitač trake.

Nagli razvoj i sve veća pristupačnost osobnih računala krajem 1980-ih i početkom '90-ih značio je kraj specijaliziranih DNC terminala. Uz neke iznimke, proizvođači CNC strojeva počeli su uvoditi upravljačke naprave bazirane na PC-kompatibilnim računalima s DOS-om ili čak Windows-ima, koji su se lako mogli povezivati na postojeće mreže preko standardnih sučelja i protokola. Korisnici su isto tako počeli izbacivati iz upotrebe skupa mikroračunala i radne stanice i prelaziti na PC-bazirana rješenja. Uz to javili su se i novi zahtjevi prema DNC sustavima.

Današnji suvremeni DNC sustavi često uključuju praćenje rada stroja u realnom vremenu, upravljanje alatima, vremensko planiranje procesa proizvodnje i sve se više integriraju s drugim srodnim sustavima kao što su CAD/CAM, ERP, PDM itd.

3.2 Značajke suvremenog DNC sustava

U današnje vrijeme pod pojmom DNC podrazumijeva se mnogo više nego što je to bilo u prošlosti odnosno na početku razvoja DNC-a. Danas DNC ima značajan broj funkcija u različitim uloga u cijelom proizvodnom procesu odnosno u planiranju i praćenju proizvodnje.



Slika 3.3 Primjer suvremenog DNC sustava [11]

Od osnovnih funkcija najvažnije je pravodobno prebacivanje NC programa prema NC strojevima. To je i u početku razvoja DNC-a bila glavna i osnovna zadaća. Pod time se podrazumijeva učitavanje programa, koji se nalaze u nekakvoj bazi podataka na poslužitelju odnosno računalu, u upravljačku napravu CNC stroja. DNC sustav mora omogućavati to prebacivanje odnosno distribuciju u točno određeno vrijeme tj. onda kada postoji potreba za time. Uz ovu, prvu i najvažniju funkciju, veže se druga osnovna funkcija DNC sustava. To je prihvatanje korigiranih NC programa iz strojeva. Radi se zapravo o istoj stvari samo u drugom smjeru. Programi se kod testiranja odnosno probnog puštanja u rad na stroju gotovo uvijek korigiraju zbog više razloga. To može biti iz više razloga: korigiranje režima obrade, korigiranje dimenzija izratka, promjene u tehnologiji i drugo. Takvi korigirani NC programi moraju se izvaditi iz strojeva odnosno prebaciti i pohraniti na računalu u bazu podataka. [12]

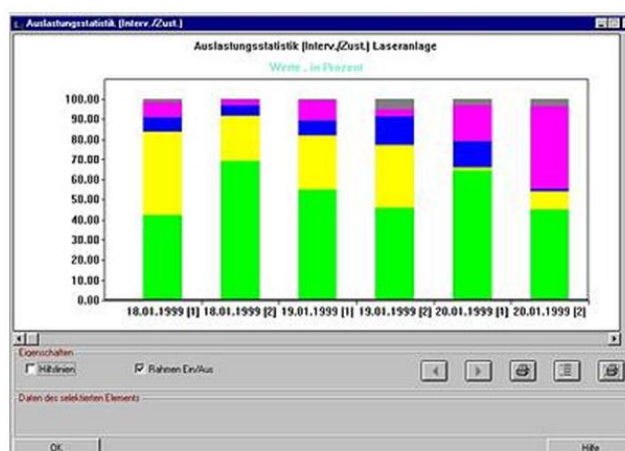
Tu dolazimo do treće osnovne funkcije DNC sustava – memoriranje i održavanje programoteke odnosno baze podataka sa svim NC programima. Ovo je vrlo važno područje iz razloga što se u većim proizvodnim tvrtkama radi o tisućama NC programa. Sve te programe potrebno je držati na jednom mjestu odnosno na jednom računalu. Kod tako veliko količine podataka odnosno datoteka vrlo lako može doći do pogreške odnosno do pozivanja krivog NC programa ili krive korigirane verzije određenog programa. Zbog toga je i ovdje uloga DNC sustava vrlo važna kako bi se NC programi pohranjivali na pravilan način, da se za svaki od njih zna za koji proizvod se koristi, koja je verzija programa, koje ispravke su rađene u odnosu na original, kada je zadnji puta dotični program bio korišten i drugo.

Osim osnovnih funkcija koje svaki DNC sustav mora ispunjavati, postoje još i dopunske funkcije koje se u suvremenim sustavima javljaju sve češće i gotovo se može reći da su važne koliko i osnovne funkcije koje smo već naveli. Ovdje je riječ većinom o funkcijama koje podržavaju mnogi poznati softveri za DNC. Na prvome je mjestu podrška za programiranje i postprocesiranje NC programa. Uz to se veže mogućnost grafičke simulacije obrade te pregled stvarne putanje alata uz provjeru kolizije alata tj. stroja i obratka. Još jedna od dosta bitna funkcija koju danas gotovo svaki DNC softver podržava je memoriranje i održavanje podataka o alatima, korekcijama, nul-točkama i drugim stvarima vezanim uz podešavanje stroja za određenu operaciju odnosno NC program. Na posljetku treba spomenuti dio DNC-a odnosno proširenje DNC sustava za prikupljanje podataka iz proizvodnje. Iako se radi o zasebnom području i tematici, usko je povezano uz DNC jer se ti podaci prikupljaju kroz standardnu DNC mrežu koja se koristi za distribuciju NC programa. Detaljnije o ovoj funkciji biti će objašnjeno u zasebnom odlomku.

3.3 Prikupljanje podataka iz proizvodnje (MDE / BDE)

Prikupljanje podataka o proizvodnji služi kao osnova za uspješno planiranje, praćenje i optimiranje proizvodnih procesa. U osnovi prikupljanje takvih podataka možemo podijeliti u dva smjera: prikupljanje podataka iz strojeva (MDE) i prikupljanje podataka od zaposlenika (BDE). Sve to radi se s ciljem uočavanja uskih grla u pogonu i optimiranja istih s ciljem povećanja efikasnosti proizvodnje.

Prikupljanje podataka iz strojeva vrlo je korisno iz više razloga. Kod zastoja odnosno kvara stroja moguće je automatsko javljanje službi za održavanje i popravak čime se smanjuje vrijeme potrebno za otklanjanje kvara. Isto tako kod modernijih strojeva moguće je dobiti podatak gdje na stroju se desio kvar te tako olakšati i ubrzati sam popravak. Druga vrlo korisna stvar koja se može izvući iz prikupljenih podataka je zauzetost odnosno iskorištenost stroja. Može se točno vidjeti koliko je stroj vremena u pogonu, koliko izradaka je napravljeno, koliko vremena se troši na podešavanje stroja te koliko vremena stroj provodi u zastoju. Iz tih podatak naknadno se može optimirati proizvodni proces, smanjiti ili povećati broj strojeva, povećati efikasnost operatera i drugo. Ostali podaci odnosno stanja kao što su npr. razlozi za izvanredan prekid rada stroja, razne opaske o proizvodnji, korekcijama programa i slično, prikupljaju se od zaposlenika odnosno operatera na stroju (BDE). Svi ti podaci prikupljeni iz stroja i od operatera zajedno se pohranjuju i kasnije se mogu koristiti za razne analize proizvodnog procesa, izračun ukupne efikasnosti opreme (Overall Equipment Efficiency) te grafički prikaz iskorištenosti stroja, vremena rada i dr. [13]

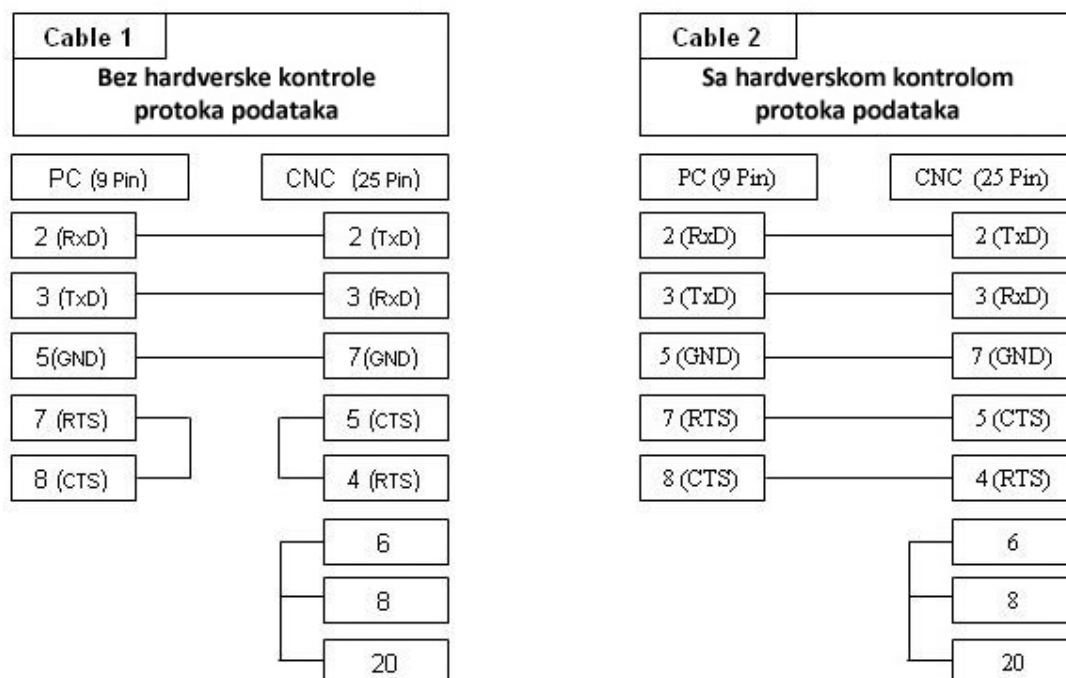


Slika 3.4 Grafički prikaz iskorištenosti stroja [13]

3.4 DNC hardver

3.4.1 Serijski kabel

Od hardvera za DNC sustave najosnovniji je kabel kojim se povezuje CNC stroj i računalo. U početku razvoja DNC-a, ali i danas, najčešće korišteno sučelje odnosno način povezivanja je serijskom vezom RS-232. To je sučelje koje danas posjeduje svako osobno računalo, a protokol za serijsku komunikaciju vrlo je jednostavan i raširen u primjeni. Isto tako velika većina današnjih CNC strojeva još uvijek ima ugrađeno RS-232 sučelje za DNC komunikaciju. Drugi, vrlo popularan naziv za ovo sučelje je COM. U slučaju da želimo povezati samo jedan stroj na jedno osobno računalo, jedni potrebni hardver je serijski kabel. Kabel koji se za tu namjenu koristi naziva se nul modem kabel. U osnovi takav kabel mora imati najmanje 3 žice ako se koristi verzija bez hardverske kontrole protoka podataka, ili 5 žica ako se koristi verzija sa hardverskom kontrolom protoka podataka. Većina upravljačkih naprava može komunicirati preko jednostavnije verzije kabela s tri žice dok neke naprave zahtijevaju pet žičnu verziju kabela. [15]



Slika 3.5 Shema spajanja RS-232 kabela za komunikaciju PC – CNC [14]

3.4.2 BTR (Behind-Tape-Reader)

Mnogo starijih strojeva opremljeni su upravljačkim napravama koje imaju malu ili nikakvu memoriju. Osim toga, takvi stariji strojevi obično nisu opremljeni sa serijskim sučeljem za potrebe DNC komunikacije. To znači da je CNC upravljanje ovisno o čitaču papirnatih traka. Takvi čitači uobičajeno zahtijevaju česta održavanja ili čak zamjenu i u današnje vrijeme gotovo da se više nigdje ne koriste. [15]

U slučaju da stariji stroj još uvijek posjeduje traženu preciznost i pouzdanost, može se nadograditi na bolji način učitavanje NC programa. To se ostvaruje ugradnjom BTR-a.

BTR je kratica od "Behind-Tape-Reader interface". To je uređaj koji starijim strojevima, koji to u originalu nisu imali, omogućuje komunikaciju s računalom. BTR sučelje donosi:

- uklanjanje potrebe za čitačima papirnatih traka
- integriranje starijih NC strojeva u moderne DNC sustave s modernim CNC strojevima
- izvođenje programa bez ograničenja u veličini tj. memoriji
- izvođenje programa direktno iz osobnog računala
- skraćanje potrebnog vremena za programiranje i naknadno editiranje NC programa
- jednostavno i pouzdano sučelje (u odnosu na papirnate trake)



Slika 3.6 Behind Tape Reader [15]

3.4.3 PCI kartice s velikim brojem COM priključaka

U slučaju da na jedno osobno računalo želimo spojiti više strojeva potrebna je PCI kartica koja računalu dodaje velik broj COM priključaka.

Na slici je prikazana PCI kartica koja je fizički instalirana u slobodan PCI utor osobnog računala. Ova kartica dodaje računalu 16 COM priključaka preko kratkog kabela čiji se jedan kraj spaja na navedenu karticu, a na drugom kraju su DB9 konektori. Svaki CNC stroj spaja se RS-232 kabelom na računalo. Ovakva rješenja mogu se naći u verzijama sa 4, 8, 16, 32 i više priključaka. [15]

Prednosti:

- jednostavna konfiguracija
- ekonomično, malo ulaganje
- spajanje velikog broja strojeva
- istovremena komunikacija sa više strojeva

Nedostaci:

- ograničenost duljine RS-232 kabela
- osjetljivost RS-232 sučelja na elektro-magnetske šumove



Slika 3.7 PCI kartica za dodavanje COM priključaka osobnom računalu [15]

3.4.4 RS-232 preklopke

Prije pojave i masovne primjene ovakvih kartica, za potrebe umrežavanja više strojeva koristile su se mehaničke RS-232 preklopke. Takve jeftine preklopke mogu povezati do 6 CNC strojeva na jedan COM priključak računala. Za dijeljenje jednog porta na još veći broj strojeva, više preklopki spaja se zajedno. No tada već ovakav pristup postaje sve složeniji i velika je mogućnost pogreške u radu s takvim sustavom. [15]

Postoje i električne preklopke koje su puno skuplje ali mogu povezivati do 16 ili čak i više strojeva na jedan COM priključak osobnog računala. Ove preklopke su složenije za podesiti, međutim u konačnici mogu sačuvati vrijeme i pomoći u eliminiranju grešaka u komunikaciji.

Ovakav sustav u većini slučajeva zahtijeva dvoje ljudi za prijenos podataka. Jedan mora biti kod stroja, a drugi kod računala. U nekim primjerima može se vidjeti upotreba telefona, radija i raznih kombinacija bljeskalica i zvona kako bi se druga strana upozorila da je potrebno izvršiti prijenos podataka.

Nekoliko nedostataka dijeljenja COM sučelja pomoću preklopki:

- COM priključak može komunicirati samo s jednim strojem odjednom
- za komunikaciju s drugim strojem, osim što je potrebno prebaciti preklopku, potrebno je i podesiti parametre softvera za taj drugi stroj
- u slučaju direktnog izvođenja programa s računala, cijeli sustav je blokiran
- uglavnom je potrebno dvoje ljudi za prijenos NC programa



Slika 3.8 Primjer mehaničke preklopke sa 4 COM priključka [15]

3.4.5 Pretvornici serijske veze na Ethernet (Serial Device Servers)

Ovi uređaji omogućuju povezivanje strojeva sa RS-232 sučeljem preko velikih udaljenosti. Kao što smo već spomenuli, najveća mana RS-232 protokola je ograničenost duljine kabela koja je prema standardu 15 metara. Ovo ograničenje vrlo je neugodno i stvara probleme već kod malih, a posebno kod srednjih i velikih proizvodnih postrojenja. Prethodno navedeni uređaji kao što su PCI kartice i RS-232 preklopke ovaj problem nikako ne mogu zaobići. Jedan od načina rješavanja ovog problema je korištenjem pretvornika serijskog protokola na Ethernet odnosno standardnu lokalnu mrežu koja je standard za povezivanje osobnih računala. CNC stroj ili neki drugi uređaj sa serijskim sučeljem spaja se na taj pretvornik kratkim RS-232 kabelom. S druge strane, pretvornik se spaja direktno na postojeću lokalnu mrežu. Tako je priključenom uređaju odnosno stroju moguće pristupiti s bilo kojeg osobnog računala priključenog na istu lokalnu mrežu. Čak postoji mogućnost pristupa sa vanjske tj. neke druge mreže putem interneta. Ovakvi uređaji postoje u verzijama sa različitim brojem COM priključaka, od jedan do šesnaest. [15]

Neke od prednosti korištenja ovih uređaja u DNC sustavima:

- nema ograničenja udaljenosti strojeva
- povezivanje neograničenog broja strojeva na jednu mrežu odnosno računalo
- mogućnost istovremene komunikacije sa velikim brojem strojeva
- mogućnost pristupa određenom stroju sa više različitih mjesta / računala
- velike brzine prijenosa podataka
- spajanje druge opreme osim strojeva (PLC-i, roboti itd.)



Slika 3.9 Serijski na Ethernet pretvornik sa 4 COM priključka [15]

3.4.6 Pretvornici serijske veze na bežičnu mrežu

Uređaji poput onog koji je prikazan na slijedećoj slici služe za povezivanje strojeva sa RS-232 sučeljem na bežičnu lokalnu mrežu (W-Lan). Bežični DNC sustavi sa ovakvim uređajima imaju mnogo prednosti u odnosu na žični sustav. Najveća prednost je mogućnost pomicanja strojeva. Standardni 802.11B bežični ruteri spajaju se na postojeću lokalnu LAN mrežu i distribuiraju podatke između LAN-a i bežičnih RS-232 adaptera spojenih na CNC strojeve. Bežični uređaji na svakom stroju pretvaraju podatke odnosno NC programe iz "Ethernet" u RS-232 signal koji se šalje kroz serijsko sučelje u CNC upravljačku napravu stroja. Korištenjem upravljačkih programa koji svaki taj uređaj na računalu prikazuju kao virtualni COM priključak, svakom CNC stroju pristupa se kao da je povezan standardnim serijskim kabelom. [15]

Prednosti:

- veća fleksibilnost
- rad na radio frekvencijama
- mogućnost reorganizacije radnog prostora
- pogodno za često mijenjanje strojeva
- nisu potrebni kablovi

Nedostaci:

- osjetljivost na frekvencije drugih uređaja (zavarivanje)
- ograničen domet bežičnih uređaja



Slika 3.10 Pretvornik serijske veze na bežičnu mrežu [15]

3.5 DNC softver

Poslije hardverskih komponenti sustava, slijedeća po važnosti ali isto tako neizostavna komponenta svakog DNC sustava je DNC softver. Mogućnosti samog sustava i funkcije koje se mogu obavljati uvelike ovise o korištenom softveru. Na tržištu postoji velik broj tvrtki koje su razvile softverske aplikacije za DNC sustave od kojih je većina na komercijalnoj razini. Međutim, mogu se pronaći i manje aplikacije za DNC koje su besplatne ali nude daleko manje mogućnosti i funkcija od profesionalnih rješenja.

Softver koji se već nalazi instaliran na svakom osobnom računalu teoretski se može koristiti za svrhe DNC-a. S takvim softverom mogu se slati i primati NC programi pod uvjetom da su u ASCII formatu. Jedini problem kod korištenja generičkog softvera je činjenica da isti nisu napravljeni za tu namjenu tj. za komunikaciju s alatnim strojevima. Analogno tome bilo bi pisanje knjige ili velikog članka u jednostavnom tekstualnom editoru kao što je Notepad u Windowsima. Može se ostvariti, ali postoji puno bolji način. Bolje bi bilo koristiti profesionalnu aplikaciju za rad s tekstom. Takve aplikacije imaju bolje mogućnosti uređivanja teksta, provjeru pravopisa, provjeru gramatike i mnoštvo drugih značajki koje znatno olakšavaju rad i pružaju mnoštvo dodatnih mogućnosti. Ista stvar je kod DNC softvera. Iako je DNC komunikaciju moguće ostvariti s generičkim aplikacijama, ista stvar se uvelike pojednostavnjuje i efikasnije izvodi uporabom specijaliziranih DNC aplikacija. [15]

Neke stvari koje nisu ostvarive sa generičkim softverom:

- mogućnost jednostavnog restartiranja NC programa, u slučaju loma alata, kada se izvede dugački programi direktno iz PC-a
- usporedba NC programa u slučaju postojanja dviju različitih verzija (original i korigirana)
- editor dizajniran specijalno za uređivanje NC programa
- mogućnost komunikacije sa specifičnim protokolima kao što je Mazatrol CMT, Heidenhain ili Bridgeport DNC link
- jednostavnost podešavanja parametara za komunikaciju
- podrška za EIA tip podataka koji se može naći na starijim CNC upravljačkim napravama

Važne karakteristike modernog DNC softvera:

- DNC komunikacija odvija se kao pozadinski proces
- istovremena komunikacija više strojeva s glavnim računalom
- višestruke provjere integriteta podataka
- administracija nad bazom podataka NC programa
- bilježenje svakog protoka podataka
- integracija različitih NC upravljačkih naprava
- mogućnost usporedbe originalne i korigirane verzije NC programa
- konstantno praćenje i analiza pristiglih podataka sa svih spojenih strojeva
- nema potrebe za industrijskim računalima, mogućnost korištenja svakog standardnog PC-a
- malo zauzeće resursa računala i rad u pozadini
- pozivanje NC programa direktno sa stroja (remote request)

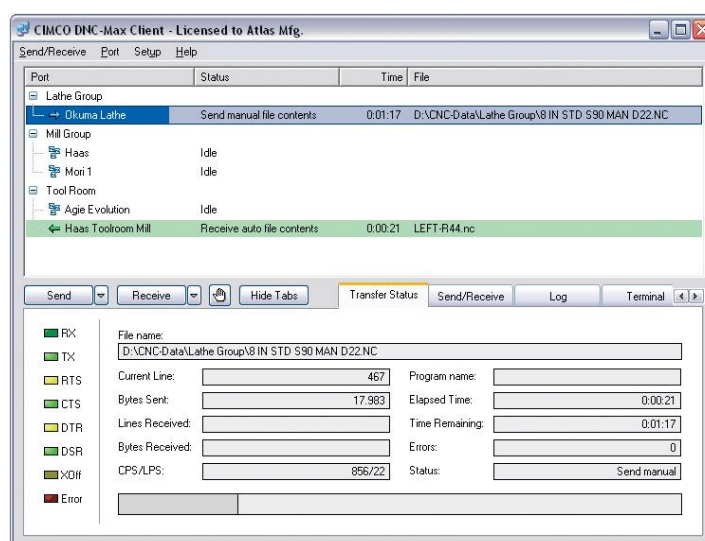
Većina profesionalnih aplikacija koje se nalaze na tržištu imaju slične karakteristike i ispunjavaju sve ili gotovo sve gore navedene funkcije. Neka od poznatijih softverskih rješenja za DNC su:

Cimco Integration DNC-Max

Predator Software DNC

CADEM NCnet

Quinx DNC5000



Slika 3.11 Prikaz glavnog ekrana DNC aplikacije s popisom strojeva [16]

3.6 Različite konfiguracije DNC sustava

3.6.1 DNC sustavi bazirani na RS-232 sučelju

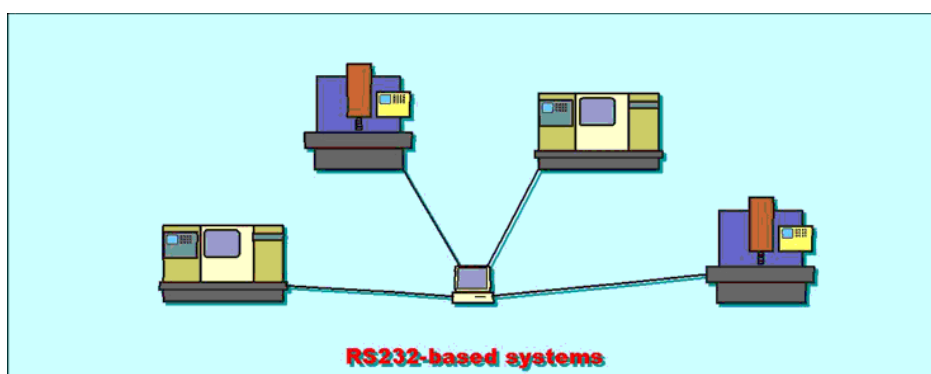
Ovi sustavi funkcioniraju pomoću preklopki ili PCI kartica sa više ulaza kako bi omogućili povezivanje većeg broja strojeva na jedno računalo. DNC sustavi ovakvog tipa koriste se kod malih proizvodnih pogona s malim brojem strojeva. U slučaju da se radi samo o 4 stroja ili manje, nije potrebna apsolutno nikakva dodatna oprema osim standardnog osobnog računala i serijskih kabela. [17]

Prednosti:

- nije potrebna nikakva specijalna oprema
- niski troškovi

Nedostaci:

- puno dugačkih kablova
- niska razina sigurnosti prijenosa podataka
- male brzine prijenosa na daljinama većim od 15 m
- ograničen broj strojeva
- male udaljenosti između strojeva i računala
- u većini slučajeva zastarjela tehnologija
- loša podrška za prikupljanje podataka o proizvodnji



Slika 3.12 DNC sustav baziran na RS-232 sučelju [17]

3.6.2 DNC sustavi bazirani na terminalima

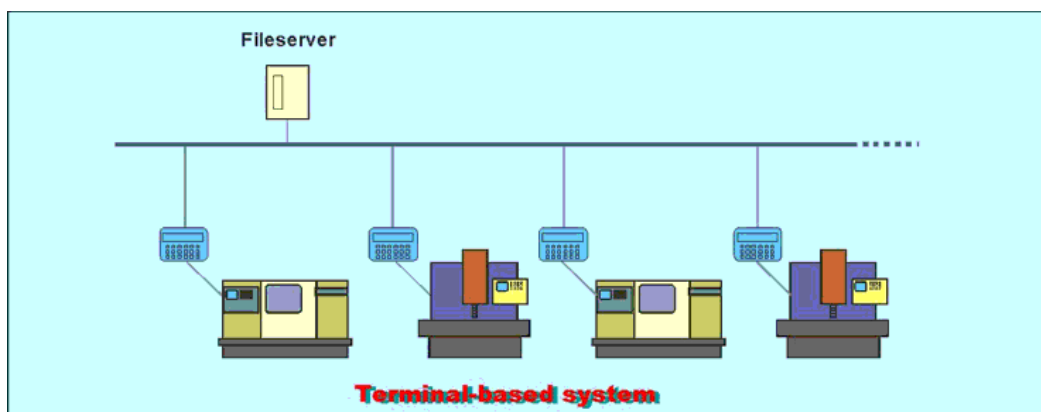
Za učitavanje programa i ostale funkcije koriste se CNC terminali. Ostali podaci iz proizvodnje mogu se prikupljati na isti način i u isto vrijeme. Moderni terminali također omogućuju editiranje NC programa, usporedbu različitih verzija programa, grafičku simulaciju, prikaz putanje itd. Danas se kao terminali u većini slučajeva koriste industrijska osobna računala, a sustavi su u pravilu lokalne mreže. Uz svaki stroj nalazi se jedan terminal odnosno računalo koje je povezano sa strojem. Svi terminali povezani su zajedno preko lokalne mreže na kojoj se ujedno nalazi i poslužitelj tj. računalo na kojemu se nalazi baza sa NC programima i svim ostalim podacima. [17]

Prednosti:

- postoji mogućnost prikupljanja podataka o stroju i o proizvodnji
- puna funkcionalnost PC profesionalnih sustava najčešće opremljenih s cjelokupnom softverskom podrškom

Nedostaci:

- uglavnom skupi sustavi
- u većini slučajeva daju više funkcija nego što je potrebno
- dugačak period amortizacije



Slika 3.13 DNC sustav baziran na terminalima [17]

3.6.3 DNC sustavi bazirani na lokalnim mrežama

Ovo podrazumijeva integraciju CNC strojeva u lokalnu mrežu tvrtke (Intranet). Direktni pristup NC programima i strojevima bez korištenja posebnih terminala. Ovakvi sustavi pokrivaju dvije glavne zadaće DNC-a: siguran prijenos podataka preko mreže između CNC upravljanja i osobnog računala te upravljanje NC programima i dokumentima vezanim uz proizvodni proces. Zbog toga što su svi strojevi direktno spojeni na lokalnu mrežu omogućene su vrlo velike brzine prijenosa podataka. Ova osobina značajno smanjuje vrijeme potrebno za učitavanje programa uz istovremenu garanciju integriteta podataka. [17]

Sustavi ovog tipa najčešće su korišteni od strane velikih proizvodnih tvrtki koje koriste CNC strojeve u granama kao što su auto industrija, proizvodnja medicinskih uređaja, proizvodnja visoko preciznih dijelova itd.

Prednosti:

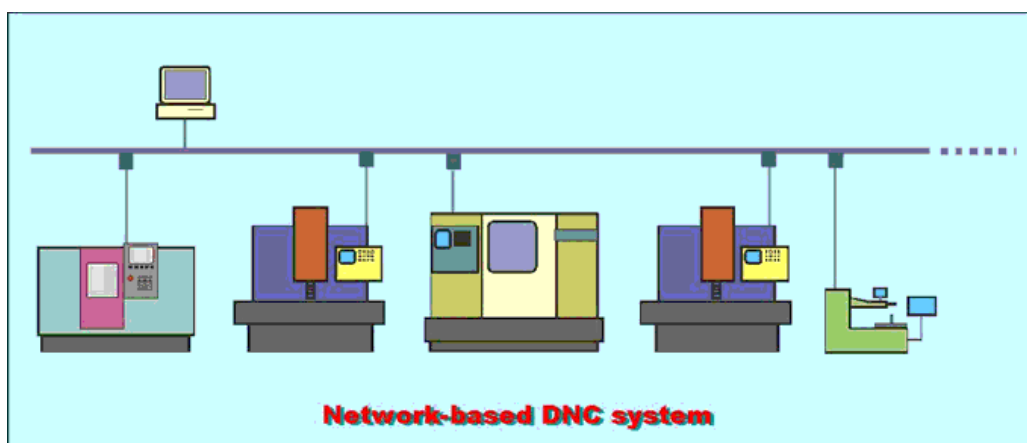
- siguran prijenos podataka na bilo koje udaljenosti s najvećim brzinama koje podržavaju upravljačke naprave povezanih strojeva
- vrlo komforan i lako upravljiv sustav
- umjereni troškovi i kratak period amortizacije
- moguće je prikupljanje podataka o stroju i proizvodnom procesu
- kompatibilno sa svim operacijskim sustavima na tržištu
- moguća nadogradnja na rješenje s terminalima
- mogućnosti direktnog povezivanja svih CNC strojeva na standardnu mrežu (Ethernet)
- učitavanje i iščitavanje NC programa obavlja se preko tipkovnice upravljačke naprave bez korištenja dodatnih terminala
- samo-organizirajuća baza podataka osigurava razvrstavanje NC programa prema kodu, verziji, datumu itd.
- moguće i u verziji s bežičnom mrežom (WLAN)

Nedostaci

- skuplje od RS-232 rješenja

Starije CNC upravljačke naprave koje su još uvijek opremljene RS-232 sučeljem zahtijevaju korištenje pretvornika serijske veze na Ethernet ili na bežičnu mrežu. Takvi pretvornici najčešće se ugrađuje u ormar upravljačke naprave. To omogućuje da duljina RS-232 kabela bude vrlo mala (ispod jednog metra) smanjujući rizik gubljenja ili korupcije podataka na najmanju moguću razinu te ostvarujući vrlo velike brzine prijenosa podataka.

Noviji strojevi s integriranim Ethernet priključkom ne zahtijevaju nikakve dodatne kartice ili uređaje. Oni se direktno spajaju na lokalnu mrežu i mogu komunicirati s određenim softverom instaliranim na bilo kojem osobnom računalu unutar iste mreže.



Slika 3.14 DNC sustav baziran na lokalnoj mreži [17]

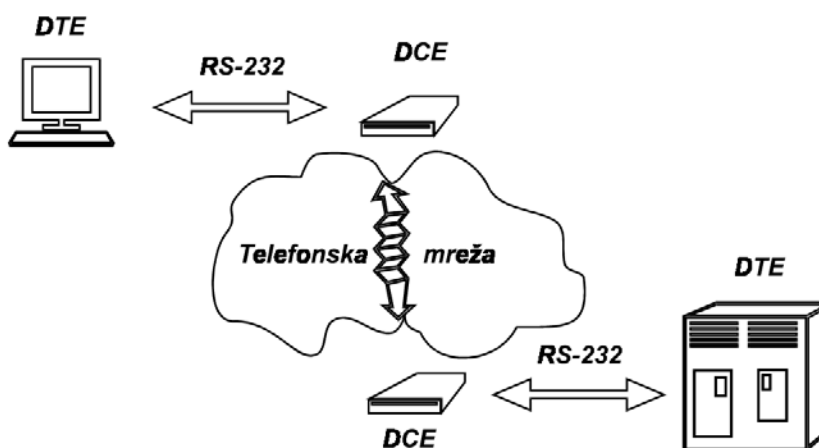
4. RS-232 PROTOKOL

4.1 Što je RS-232

RS-232 je standard koji definira digitalnu, serijsku komunikaciju između DTE (Data Terminal Equipment) i DCE (Data Communication Equipment). Izvorno je zamišljen za povezivanje računala i terminala (DTE) s modemima (DCE) za potrebe udaljenog rada na (tada skupim i rijetkim) središnjim računalima. [18]

Danas sve veći broj instrumenata, i uređaja općenito, ima ugrađen RS-232. Toliko se često koristi da se obično u govoru spominje kao "serijska veza", iako je to samo jedan od standarda za serijsku komunikaciju.

RS-232-C je oznaka standarda kojeg je postavila EIA (Electronic Industries Association). "C" označava da je riječ o trećoj doradi specifikacije, a u pripremi je i "D". U nastavku teksta ćemo koristiti samo naziv "RS-232" bez oznake "C" i pri tome ćemo podrazumijevati posljednju reviziju standarda. Zbog velike raširenosti, propisao ga je i CCITT (International Telegraph and Telephone Consultative Committee, danas ITU-T /International Telecommunication Union/) pod oznakom V.24. Doduše, V.24 ne propisuje konektor (nego ISO standard) i električke karakteristike (to definiraju standardi V.10 i V.11). RS-232 propisuje konektor, električne karakteristike, signale i signalizaciju. Standard ne propisuje način prijenosa podataka iako se najčešće koriste asinkroni i sinkroni prijenos.

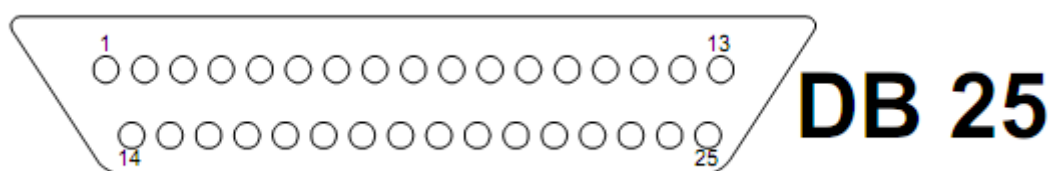


Slika 4.1 Izvorna namjena RS-232 standarda [18]

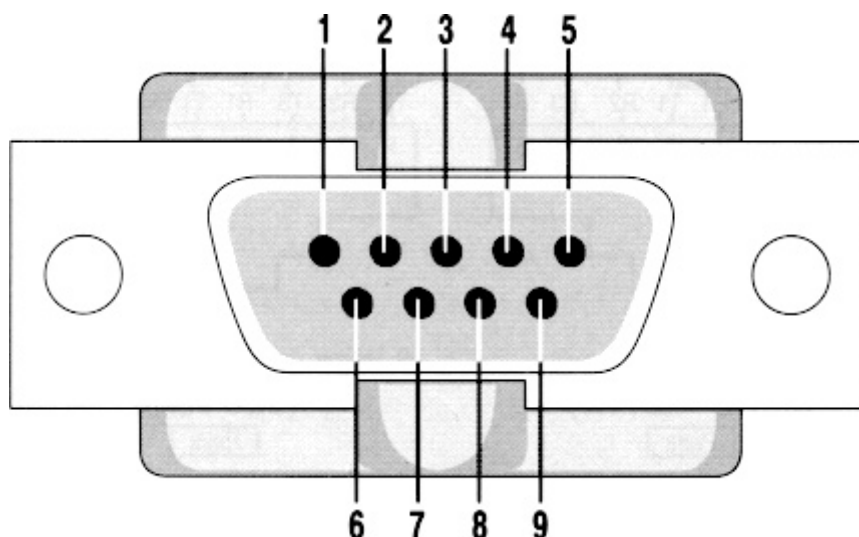
4.2 Konektori

Standard propisuje DB25 konektor kakav je prikazan na slijedećoj slici. Radi se o dvorednom konektoru s 25 kontakata. Postoje "muški" (eng. pin, nožice) i "ženski" (eng. socket, rupice) konektor. "Muški" je uvijek na DTE uređajima odnosno računalima i terminalima. "Ženski" je uvijek na DCE opremi odnosno uglavnom na modemima. [18]

Sam DB-25 konektor je opisan ISO standardom. Kako ćemo vidjeti kasnije, danas se sve češće koristi svega 9 signala, a komunikacija je moguća i sa svega tri signala. To neminovno vodi i k tome da se u praksi nastoje koristiti i drugačiji, manji i jeftiniji konektori. Uvriježeni su, iako ne i definirani RS-232 standardom: DB9, RJ45 i RJ11.



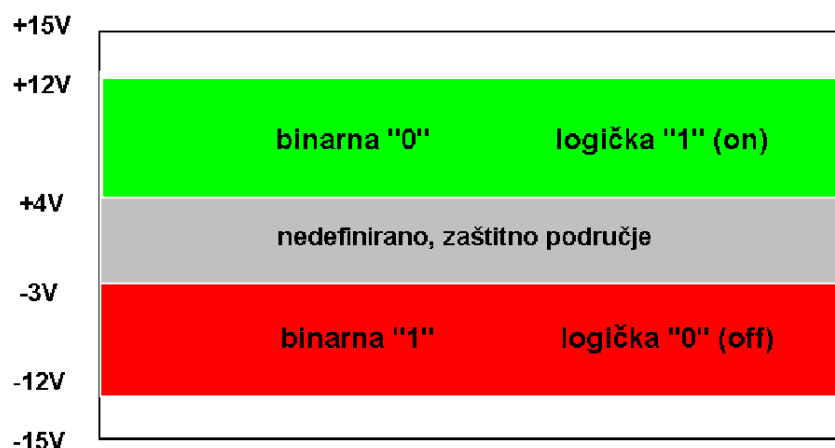
Slika 4.2 Standardni DB25 konektor za RS-232 protokol [18]



Slika 4.3 DB9 konektor kakvi se danas najčešće koriste za RS-232 protokol [18]

4.3 Električke karakteristike i signali

Postoje podatkovni signali (Tx i Rx) i kontrolni signali. Podatkovni koriste binarna stanja, a kontrolni logička stanja. Električka specifikacija propisuje napone od -12V do +12V, iako se toleriraju i naponi od -15V do +15V. Naponske razine iznad +3V (u nekoj literaturi se navodi +4V) smatraju se binarnom "0", a logičkom "1". Naponska razina ispod -3V se smatra binarnom "1", a logičkom "0". [18]



Slika 4.4 Prikaz napona koji se koriste kod RS-232 protokola [18]

Ovakvim izborom napona, dobiveno je široko zaštitno područje (-3V do +3V) u kome su nedefinirana stanja. Dozvoljene su brzine prijenosa do 20 kbps (bita u sekundi) i duljine kabela do 15 m. Svi su signali unipolarni, tj. referenciraju se na jedan, zajednički, povratni vod: GND (pin 7). To smanjuje broj potrebnih žica u kabelima i pojednostavljuje sklopove, ali povećava osjetljivost na smetnje i neželjene pojave. Stoga je u praksi moguće koristiti i dulje kabele, ali će tada obično trebati smanjiti brzinu prijenosa, da bi se smanjile greške u prijenosu. I obratno, moguće je ostvariti prijenos i većim brzinama, ali će trebati smanjiti duljinu kabela. U sljedećoj su tablici dani odnosi brzine prijenosa i duljine oklopljenog i neoklopljenog kabela.

Baud Rate u bps	Oklopljeni u metrima (feet)	Neoklopljeni u metrima (feet)
110	1500 (5000)	900 (3000)
300	1500 (5000)	900 (3000)
1200	900 (300)	900 (3000)
2400	300 (1000)	150 (500)
4800	300 (1000)	75 (250)
9600	75 (250)	75 (250)
19200	15 (50)	15 (50)

Slika 4.5 Odnosi brzine prijenosa i duljine kabela [18]

Ovo su korisne polazne informacije, ali u praksi će trebati prilagoditi vrijednosti stvarnim uvjetima u pojedinoj primjeni: kvaliteti kabela, smetnjama i dr. U praksi se susreću i uređaji koji koriste TTL naponske razine. Oni ne bi smjeli nositi oznaku RS-232 i smiju se spajati samo s istovrsnim uređajima.

RS-232 definira signale na svih 25 kontakata (pinova). Svi imaju samo jedan, zajednički povratni vod: GND (pin 7). Postoji i "Protective ground" linija (pin 1) koja se samo na jednoj strani kabela treba povezati s oklopom uređaja (uzemljenjem). Ako je kabel oklopljen, tada oklop treba spojiti na pin 1. Potrebno je još jednom posebno naglasiti da je binarna 1 (podatkovne linije) signalizirana negativnim, dok je logička 1 (kontrolne linije) signalizirana pozitivnim naponom. U tablici su navedeni svi signali definirani RS-232 standardom, i ujedno odgovarajući signali V.24 standarda. Danas se u praksi koristi samo devet signala i zaštitno uzemljenje (pin 1). Ti su signali navedeni u tablici u prve tri skupine signala. [18]

Komunikaciju je moguće ostvariti sa samo tri signala navedena u prve dvije skupine: Tx, Rx i GND. U tom slučaju nema kontrole protoka podataka. Moguće ju je ostvariti tek na programskoj razini odnosno softverski.

Pin	Oznaka	Kod	RS-232 Signal	Kod	V.24 Signal	Objašnjenje
1		AA	Protective ground	101	Protective ground	zaštita od smetnji povratni vod
7	GND	AB	Signal Ground	102	Signal Ground	
2	Tx	BA	Transmitted data	102	Transmitted data	podatkovne linije
3	Rx	BB	Received data	104	Received data	
4	RTS	CA	Request to send	105	Request to send	kontrolne linije
5	CTS	CB	Clear to send	106	Ready for sending	
6	DSR	CC	Data set ready	107	Data set ready	
20	DTR	CD	Data terminal ready	108	Data terminal ready	
22	RI	CE	Ring indicator	125	Calling indicator	
8	DCD	CF	Line detector	109	Line detector	
21		CG	Signal quality	110	Signal quality	danas se rijetko koriste
23		CH	DTE rate	111	DTE rate	
18		CI	DCE rate	112	DCE rate	
11				126	Select frequency	
24		DA	DTE timing	113	DTE timing	podešavanje brzine prijenosa
15		DB	DCE timing	114	DCE timing	
17		DD	Receiver timing	115	Receiver timing	
14		SBA	Transmitted data	118	Transmitted data	sekundarni kanal
16		SBB	Received data	119	Received data	
19		SCA	Request to send	120	Line signal	
3		SCB	Clear to send	121	Channel ready	
12		SCF	Line detector	122	Line detector	

Slika 4.6 Popis svih signala definiranih RS-232 protokolom [18]

Kontrolne linije u trećoj grupi signala prethodne tablice, služe za regulaciju razmjene podataka. Kada je računalo ili terminal uključen i spreman za rad s modemom, postavlja DTR (Data Terminal Ready) liniju u logičku 1 (pozitivan napon). Modem, pak, postavlja DSR (Data Set Ready), kad je spreman za rad. Sada modem pokušava uspostaviti vezu s modemom na drugoj strani telefonske linije. Kad modem na (telefonskoj) liniji otkrije signal nosioc, postavlja DCD (Data Carrier Detect) signal. Sada može započeti prijenos podataka. RTS (Request to Send) signal znači da računalo ili terminal imaju spremne podatke za prijenos i žele ih poslati modemu. Spremnost da primi podatke, modem signalizira s CTS (Clear to Send). Računalo podatke šalje modemu preko Tx (Transmit), a prima preko Rx (Receive) linije. Kada modem ne može više primati podatke, spusti CTS signal na što računalo mora prestati slati podatke. Ponovnim aktiviranjem CTS signala računalo smije slati podatke. [18]

U slučaju kada spajamo dva uređaja od kojih jedan očekuje upotrebu signala za kontrolu protoka podataka, a drugi ne podržava taj način rada, potrebno je na uređaju koji očekuje protokol poduzeti sljedeće: kratko spojiti CTS i RTS signale (5 i 4) te DTR s DSR i DCD (20 na 6 i 8).

Ako oba uređaja podržavaju rad bez kontrolnih linija, protokol razmjene podataka moguće je ostvariti i upotrebom posebnih znakova. Najpoznatiji je tzv. "Xon-Xoff" protokol. Uređaj koji želi zaustaviti slanje podataka iz smjera sugovornika, pošalje sugovorniku znak Xoff (ctrl-S na tastaturi). Kada je sprema za prijem, pošalje Xon (ctrl-Q na tastaturi). Neke implementacije ovog protokola prihvaćaju bilo koji znak kao Xon simbol.

4.4 Prijenos podataka

Podaci se mogu prenositi na dva načina: asinkrono i sinkrono. Daleko najrašireniji (po broju primjena) je asinkroni način, koji prenosi znak po znak. Sinkroni način prenosi blok znakova odjednom i bio je u širokoj upotrebi na velikim računalima 60-tih godina. U oba slučaja se podaci prenose brzinama od 50, 110, 150, 300, 600, 1200, 2400, 4800, 9600 ili 19200 bita u sekundi. Danas se u praksi koriste i nestandardne brzine od 14400, 28800 te 33600 bita u sekundi, posebno za modemske komunikacije. [18]

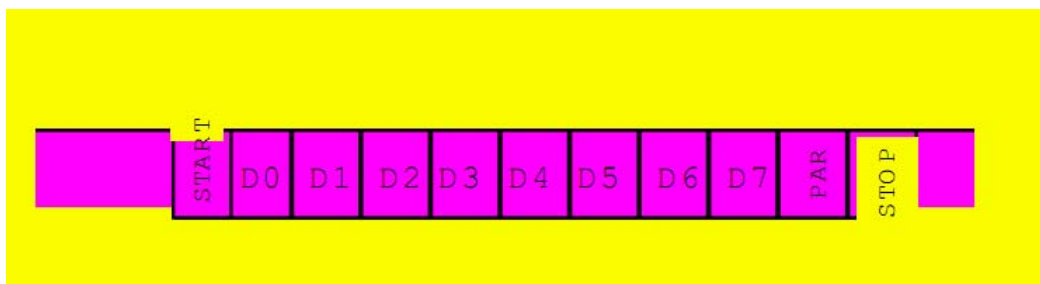
4.4.1 Asinkroni prijenos

Asinkronim načinom prijenosa prenosi se svaki znak zasebno. Znak može imati 5 do 8 bitova i utvrđuje se za svaku komunikaciju (razgovor) unaprijed, dogovorom sugovornika (ne može se utvrditi automatski). Na početku svakog znaka nalazi se bit koji označava početak znaka: start bit (binarna 0). Na sličan način znak završava stop bitom (binarna 1). Iz povijesnih razloga (stari elektromehanički uređaji) predviđena je mogućnost da stop bit ima trajanje u duljini 1, 1.5 ili 2 bita. Pored bitova koji prenose informaciju, znak može na kraju sadržavati i paritetni bit koji omogućava otkrivanje jednostruke greške u prijenosu. On se postavlja za svaki znak posebno u takvo stanje da ukupan broj bitova u znaku koji su u stanju binarne 1 bude paran ili neparan, u ovisnosti da li je dogovorena zaštita parnim ili neparnim paritetom. Vrsta zaštite mora se dogovoriti unaprijed za svaku razmjenu podataka (razgovor).

Očigledno je da asinkroni prijenos ima relativno nisku efikasnost, jer u najboljem slučaju (8 bita, bez pariteta) prenosi se ukupno 10 bitova za 8 bita informacije što je 80% iskoristivosti, odnosno 25% overhead-a). U najgorem slučaju to je čak ukupno 8 bitova za 5 bitova informacije što daje efikasnost od svega 62%, tj. 60% overhead-a.

Daljnji problem je u situacijama visokog opterećenja, tj. kada se šalju znak za znakom bez međusobnog razmaka. U toj situaciji, ako dođe do kratkotrajnog prekida ili greške u komunikaciji (smetnja, modem i sl.) prijemna se strana teško sinkronizira na početak znaka. Prednosti asinkronog prijenosa su u tome što su i sklopovlje i programska podrška jednostavni i lako se primjenjuju. Svakako je njegova najveća prednost velika

raširenost i standardiziranost. U praksi se najčešće susreće prijenos 8 bita, 1 stop bit, bez pariteta (8,1,N) ili, pak, 7 bita, 1 stop bit i parni paritet (7,1,E).



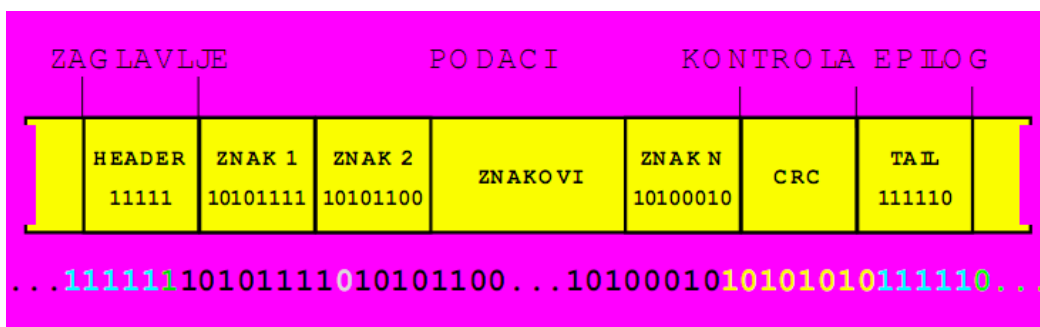
Slika 4.7 Prikaz asinkronog prijenosa podataka [18]

4.4.2 Sinkroni prijenos

Povijesno, sinkroni je način prijenosa nastao u doba kada su računala još bila spora, pa bi im reakcija na svaki znak koji bi poslao terminal bitno smanjivala efikasnost. Stoga je zamišljeno da operater terminala unese sve podatke ili naredbe za neku operaciju i pritiskom na tipku "send" pošalje blok podataka. Na sličan je način računalo vraćalo ispis na ekran. Danas se takav prijenos bloka podataka koristi uglavnom još samo u komunikaciji među računalima (računalne mreže).

Osnovno je svojstvo da se niz bitova koji predstavljaju skupinu znakova šalju slijedno, bez bitova zaštite ili sinkronizacije među njima. Sinkronizacija i zaštita ugrađuju se na početku i kraju cijelog bloka znakova.

Prednosti sinkronog prijenosa su u visokoj efikasnosti kod velikih opterećenja i boljoj zaštiti. Nedostaci su u znatno složenijoj realizaciji sklopova i programa te u nižoj efikasnosti kod smetnji zbog potrebe ponovnog prijenosa cijelog bloka podataka.



Slika 4.8 Prikaz sinkronog prijenosa podataka [18]

4.5 Nedostaci i rješenja

Osnovni nedostaci RS-232 proizlaze iz njegove velike raširenosti što uključuje i primjene za koje nije izvorno zamišljen. Sve one danas zahtijevaju što veće brzine komuniciranja na što veće udaljenosti. Drugi je glavni probleme u osjetljivosti na smetnje.

Iako je bilo pokušaja dogradnje standarda u smislu povećanja brzine, oni uglavnom nisu doživjeli uspjeh RS-232. RS-449 su zapravo nakupina od tri standarda. Sam RS-449 opisuje mehaničke, funkcionalne i proceduralne karakteristike, dok električke karakteristike definiraju dva standarda: RS-423-A koji definira zajednički povratni vod i RS-422A koji definira zasebni povratni vod za svaki signal. RS-422-A zbog toga omogućava prijenos brzinama i do 2 Mbps na udaljenostima do 60m. Međutim, zahtijeva velik broj vodova pa koristi čak dva konektora od kojih jedan ima 37 nožica (DB-37), a drugi 9 (DB-9) koji je potreban ako se koristi i drugi kanal (reverse channel). Nažalost, za današnje potrebe udaljenost je još uvijek premala. U stručnim krugovima su ga često zvali "istočni" RS-232 zato, jer su ga prihvatili uglavnom proizvođači računalne opreme u bivšoj istočnoj Europi. [18]

Danas se rješenja za ove probleme traže u novim modemima za iznajmljene linije te u optičkim vlaknima i modemima za njih koji omogućavaju prijenosne brzine u megabitnom području na kilometarskim udaljenostima.

5. CIM - PROIZVODNJA INTEGRIRANA RAČUNALOM

5.1 Objašnjenje pojma i osnovne značajke

Proizvodnja integrirana računalom (CIM) je koncepcija koja podrazumijeva primjenu računalskih tehnika s ciljem integracije proizvodnih aktivnosti. Aktivnosti obuhvaćaju sve funkcije potrebne za transformaciju potreba kupca u krajnji proizvod. CIM ima tendenciju objediniti sve faze u životnom vijeku proizvoda (life-cycle management) - od razvoja koncepcije proizvoda, dizajna i specifikacije proizvoda, izrade proizvoda do post-prodajnih aktivnosti. Integriranje tih aktivnosti zahtijeva dostupnost pouzdanih informacija kada su potrebne i u formatu prihvatljivom pojedincima ili skupinama koje ih trebaju. [5]

Termin computer integrated manufacturing prvi je upotrijebio dr. Joseph Harrington u svojoj knjizi iz 1974. Do 70-tih se automatizacija uglavnom provodila na razini proizvodnih operacija. U diskretnoj proizvodnji je to uglavnom bila neprilagodljiva (kruta) automatizacija, a koncem 70-tih i u 80-tima počinje značajna primjena fleksibilne automatizacije.

Prema U.S. National Research Council-u, CIM-om se ostvaruje porast produktivnosti za 40-70%, povećava se kvaliteta, povećava produktivnost inženjera, snižavaju troškovi 15-30%, skraćuje se ukupno proizvodno vrijeme 20-60%, smanjuje se interno skladištenje i čekanje za 30-60%. Menadžeri smatraju da postoji izravna korelacija između učinkovitosti upravljanja informacijama i ukupne učinkovitosti tvrtke. CIM se može primijeniti i u neproizvodnim organizacijama fokusiranjem na uslužne djelatnosti i sl. CIM predstavlja integraciju cijele proizvodne tvrtke kroz primjenu integriranih sustava i razmjenu podataka (komunikacije) povezanih novom upravljačkom filozofijom kojom se ostvaruje poboljšanje kadrovske i organizacijske učinkovitosti. CIM omogućuje proizvodnju s manje pogrešaka te ako se dobro aplicira, osigurava podatke i sredstva za analizu i prepoznavanje mogućnosti za brzo i učinkovito poboljšanje proizvodnih procesa. CIM skraćuje vremena otklanjanja pogreške (de-bug time) i omogućuje brže pokretanje novih proizvodnih procesa.

5.2 Razlozi i prednosti uvođenja CIM-a

Neki od odgovora na pitanje zašto koristiti CIM:

- mogućnost pravodobnog odgovora na brze promjene tržišnih zahtjeva i modifikacije proizvoda
- bolje korištenje materijala, opreme i kadrova
- bolje upravljanje proizvodnjom i rukovođenje
- proizvodnja visokokvalitetnih proizvoda po nižim cijenama

Što se sve dobiva uvođenjem CIM-a:

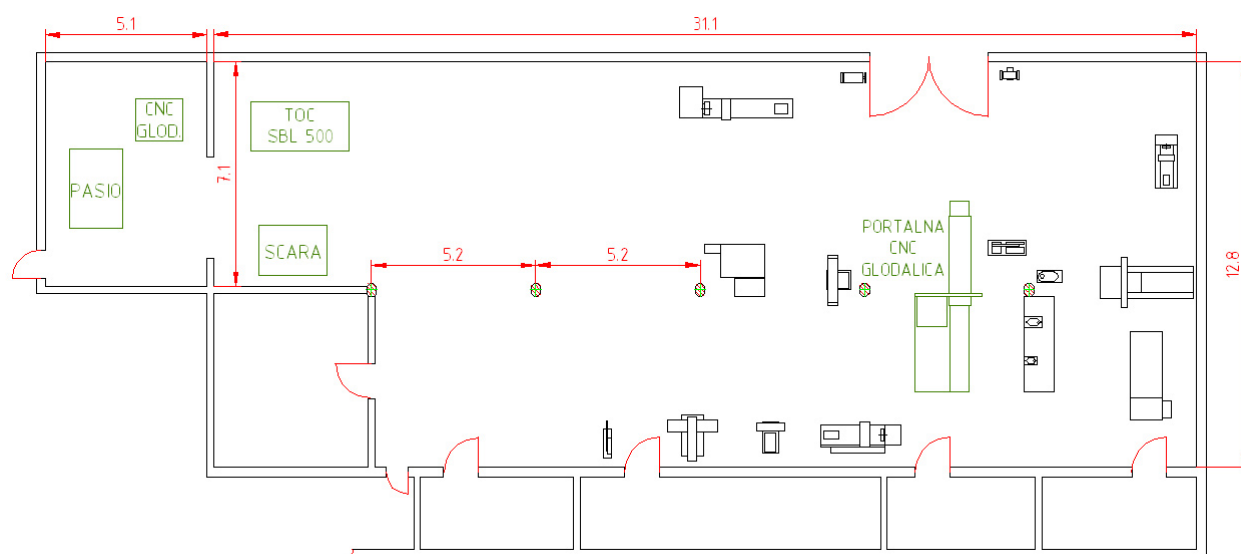
- cjelovita dokumentacija o povijesti ("tracking") procesa, proizvoda i opreme u bazi podataka
- automatsko izuzimanje "postupnika" (auto recipe download)
- statistička kontrola procesa (Statistical Process Control-SPC)
- automatsko raspoređivanje resursa
- automatski transport i rukovanje materijalom
- veća učinkovitost proizvodnje
- promjena uloge čovjeka u proizvodnji
- smanjenje broja operatera na strojevima
- povećanje broja računalskih tehničara

6. PROJEKTIRANJE DNC SUSTAVA ZA LABORATORIJ ALATNIH STROJEVA

6.1 Snimanje trenutnog stanja

S obzirom da se CNC strojevi u Laboratoriju za alatne strojeve često mijenjaju odnosno jedni dolaze dok drugi odlaze, najvažnija značajka projektiranog DNC sustava biti će fleksibilnost. Pod tim pojmom podrazumijeva se naknadno priključivanje strojeva na postojeći sustav bez potrebe za većim izmjenama, dopunama i investicijama u sustavu. S tog gledišta najbolje rješenje bilo bi korištenjem lokalne bežične mreže. U tom slučaju, za svaki novi stroj potrebno je uzeti pretvornih serijske veze na bežičnu mrežu i ništa drugo. Međutim, takva mreža bila bi podložna smetnjama i utjecaju od strane uređaja kao što su uređaji za zavarivanje i slično. Kod rada takvih uređaja dolazi do generiranja frekvencija koje su slične onima na kojima se odvija komunikacija bežičnom mrežom. Zbog toga ovo rješenje ne dolazi u obzir.

Uzimajući u obzir veličinu laboratorija i eventualni broj strojeva koji bi s vremenom mogao biti instaliran, kao najbolje rješenje nameće se izvedba DNC sustava biti u obliku lokalne mreže (LAN) s odgovarajućim pretvornicima serijskog protokola na Ethernet.



Slika 6.1 Tlocrt Laboratorija za alatne strojeve

6.2 Popis CNC/NC strojeva koji su trenutno u Laboratoriju

TRENS SBL 500

- vrsta: tokarski obradni centar sa pogonjenim alatima
- upravljačka naprava Siemens Sinumerik 810D
- povezivanje preko RS-232 sučelja

SCARA robot

- vrsta: robot SCARA konstrukcije sa 4 osi ili 4 osi plus glavno vreteno
- upravljačka naprava bazirana na Siemens Simatic platformi
- povezivanje preko RS-232 sučelja

Portalna CNC glodalica

- vrsta: CNC glodalica velikih gabarita i velike snage glavnog vretena
- upravljanje temeljeno na PC-u sa Linux operacijskom sustavu
- povezivanje preko RS-232 sučelja i Ethernet

PASIO

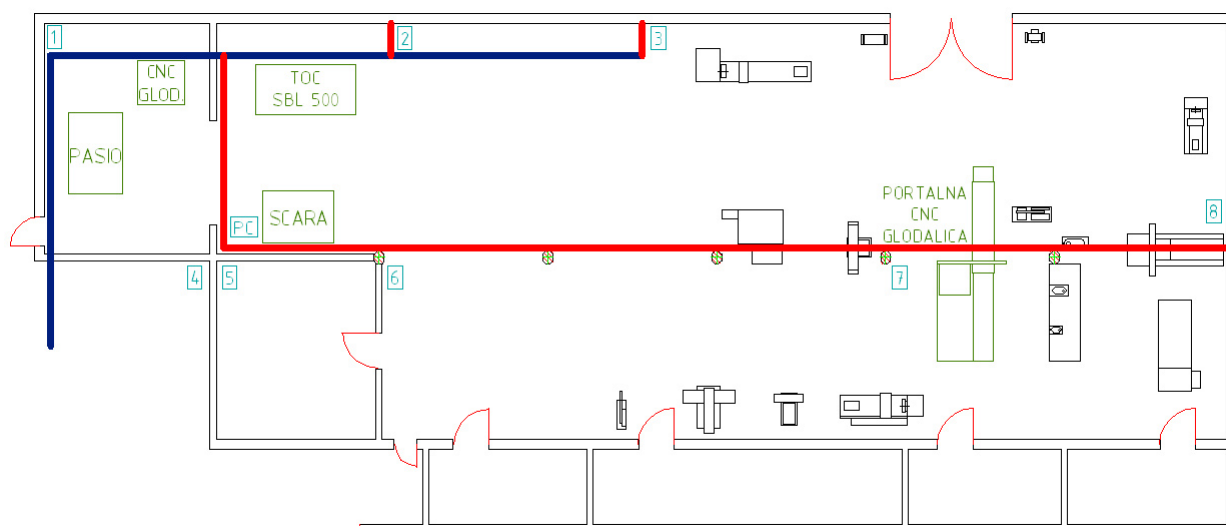
- vrsta: CNC glodalica sa dva glavna vretena za izradu kalupa u ekspaniranom polistirenu
- upravljanje temeljeno na PC-u
- povezivanje preko Ethernet sučelja

CNC glodalica

- vrsta: CNC glodalica male snage za izradu kalupa u ekspaniranom polistirenu
- upravljanje temeljeno na PC-u
- povezivanje preko Ethernet sučelja

6.3 Izrada plana za budući DNC sustav

Kao što je već spomenuto, DNC sustav biti će u obliku lokalne mreže (LAN). Mrežu treba tako koncipirati da je pokriven čitav prostor odnosno da je moguće priključiti stroj na bilo kojoj poziciji u laboratoriju. Kroz čitav radni prostor razmijesiti će se priključni čvorovi na koje će naknadno, bez dodatnih radova i ulaganja, biti moguće povezati CNC strojeve koji budu instalirani u laboratoriju. Osnovni kriterij kod određivanja broja priključnih čvorova i njihovog razmještaja je činjenica da serijski odnosno RS-232 kabel smije biti duljine do 15 metara. To znači da svaka točka u laboratoriju mora biti udaljena najviše 15 metara do najbližeg priključnog čvora. Prema postavljenim uvjetima određen je broj i raspored priključnih čvorova. Broj takvih čvorova biti će 8.



Slika 6.2 Shema LAN mreže i raspored priključnih čvorova

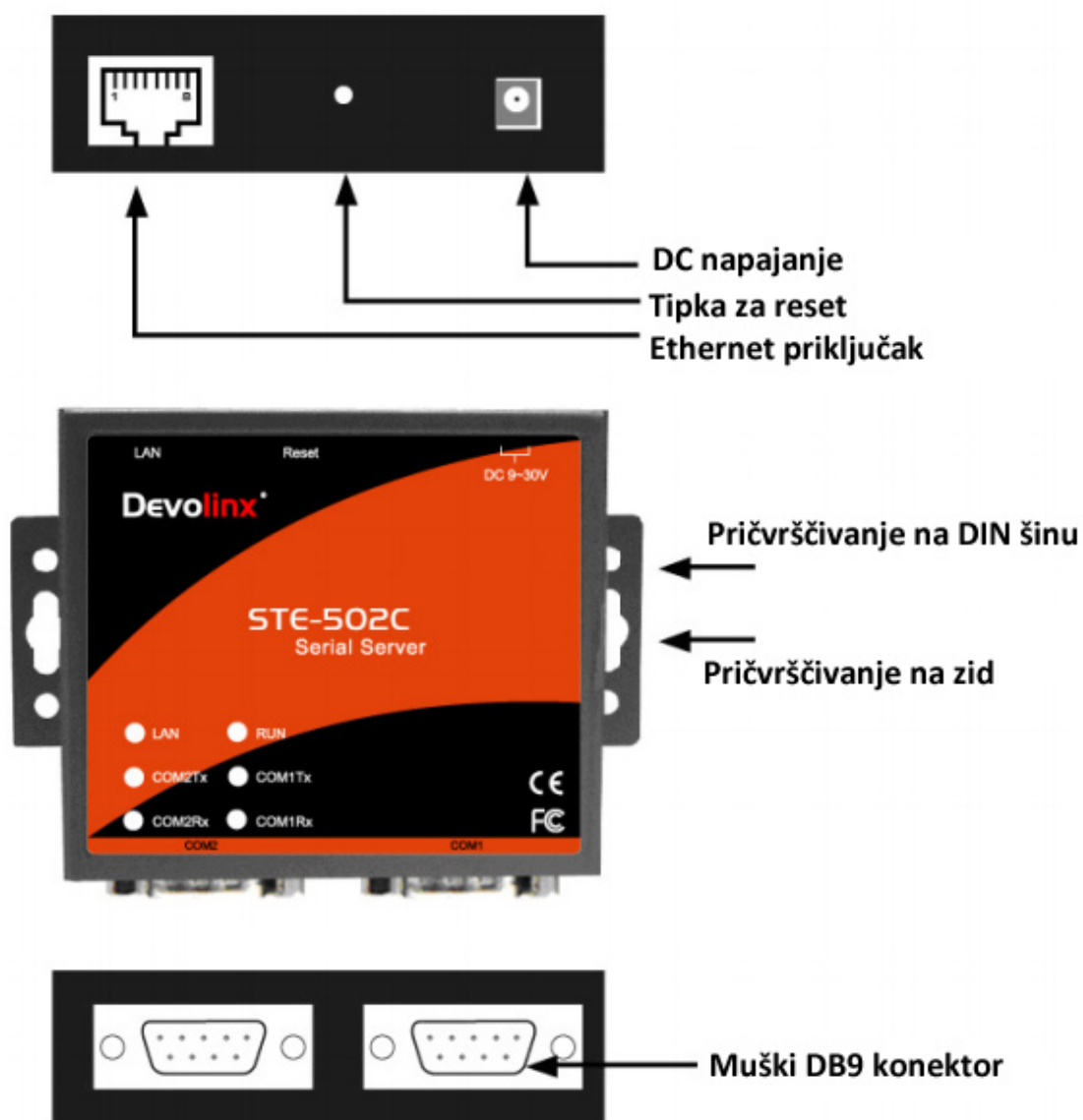
6.4 Odabir hardvera

6.4.1 Pretvornici serijske veze na Ethernet

S obzirom na to da će DNC sustav biti u obliku lokalne Ethernet mreže, a većina strojeva povezuje se preko RS-232 sučelja, lako je zaključiti da će postojati potreba za pretvaračima serijskog signala na mrežni signal. Na tržištu postoji desetak tvrtki koje nude rješenja za ovakve probleme. U našem slučaju odabran je uređaj tvrtke Aaxeon. Odabrani uređaj posjeduje dva serijska priključka što je optimalno prema rasporedu i broju priključnih točaka DNC sustava.

Karakteristike uređaja Aaxeon - Devolinx STE-502C [19] :

- CPU: 16-bit CPU
- Mrežno sučelje: 10/100 Mbps
- Podržani protokoli: TCP/IP, UDP, HTTP, SNMP, Telnet, ICMP, BOOTP, DHCP
- Način resetiranja: ugrađena tipka za vraćanje tvorničkih postavki
- Serijsko sučelje: RS-232/422/485
- Serijski konektor: DB9 Male
- Serijska komunikacija:
 - Bitrate: 1200-230400 bps
 - Podaci: 7 ili 8 dana bitova
 - Paritet: None, Even, Odd, Mark, Space
 - Stop bitova: 1 ili 2
- Kontrola protoka: Xon/Xoff, RTS/CTS
- LED indikatori: LAN, RUN i COM
- Softver: baziran na Windows OS, virtual COM softver
- Načini konfiguracije: Web, Telnet, Serijskom vezom i konfiguracijskim softverom
- Napon napajanja: 9 – 30 VDC
- Snaga napajanja: 3 W
- Temperatura okoline: 0° C do 60° C
- Vlažnost zraka okoline: 20% do 90%
- Dimenzije Š x D x V: 85 x 75 x 28 mm



Slika 6.3 Pretvornik serijske veze na Ethernet Aaxeon - Devolinx STE-502C [19]

6.4.2 Glavni mrežni preklopnik

Kao osnova odnosno centar lokalne mreže koristi se mrežni preklopnik (eng. Switch) na kojega se spajaju svi mrežni vodovi. Iako će u našoj mreži u prvoj fazi biti 8 priključnih čvorova odnosno mrežnih vodova, glavni preklopnik neće biti sa osam priključaka nego sa većim brojem od toga. Razlog je taj što se cijena preklopnika s povećanjem broja priključaka ne mijenja značajno, a ispunjen je uvjet za naknadno širenje lokalne mreže tj. spajanje novih uređaja / strojeva. Iz široke ponude uređaja na tržištu odabran je mrežni preklopnik tvrtke Edimax sa 16 priključaka.

Karakteristike uređaja Edimax - ES-3116RL [20] :

- Tip preklopnika: Ne upravljano
- Veličina međuspremnik: 0.125 MB
- Pohrani i proslijedi: Da
- Tehnologija kabliranja: 10BASE-T/100BASE-TX
- Veličina adresne tablice: 8k
- Broj Ethernet LAN (RJ-45) priključaka: 16
- Maksimalna brzina prijenosa podataka: 1 Gbit/s
- Opseg relativne vlažnosti pri radu: 0-90 %
- Raspon radne temperature: 10 - 55 °C
- Montaža u poslužiteljski ormar: 19"
- Propusnost: 3 Gbit/s
- Dimenzije Š x D x V: 441 x 130 x 44 mm



Slika 6.4 Mrežni preklopnik Edimax - ES-3116RL [20]

6.4.3 Mrežni preklopnici za svaki priključni čvor

Osim glavnog preklopnika, na svakom čvoru biti će po jedan mali mrežni preklopnik sa pet priključaka. Naime, pošto svaki priključni čvor pokriva relativno veliku površinu na kojoj se mogu nalaziti dva, tri ili čak i više strojeva, potreba za korištenjem preklopnika je očita. Ovakvi mrežni preklopnici toliko su povoljni da je isplativije korištenje istih nego višestruko provlačenje mrežnih kablova. Odabran je mrežni preklopnik sa 5 priključaka od tvrtke Edimax.

Karakteristike uređaja Edimax - ES-3205P [20] :

- Tip preklopnika: Ne upravljano
- Veličina međuspremnik: 0.384 MB
- Pohrani i proslijedi: Da
- Tehnologija povezivanja: Žičano
- Veličina adresne tablice: 2000 unosi
- Broj Ethernet LAN (RJ-45) priključaka: 5
- Maksimalna brzina prijenosa podataka: 0.2 Gbit/s
- Raspon radne temperature (T-T): 0 - 45 °C
- Suglasnost sa industrijskim standardima: IEEE802.3, IEEE802.3u, IEEE802.3x
- Dimenzije Š x D x V: 111 x 68 x 25 mm



Slika 6.5 Mrežni preklopnik Edimax - ES-3205P [20]

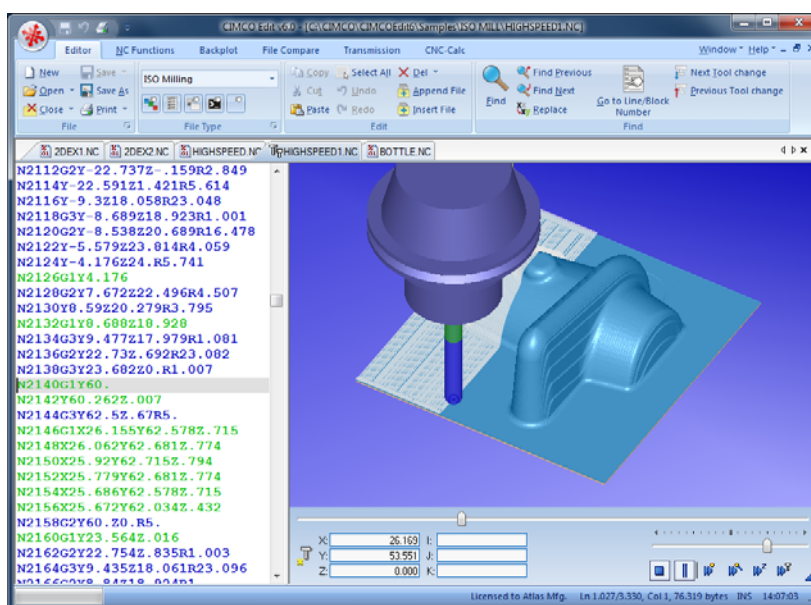
6.5 Odabir softvera

U uvodnom dijelu već smo spomenuli glavne značajke DNC softvera koji se nalaze na tržištu. Većina takvih aplikacija je na komercijalnoj razini odnosno njihovo korištenje se naplaćuje. Tako je uostalom i sa većinom profesionalnih aplikaciji na svim područjima kao što su CAD, CAM, PDM itd. Cijene DNC softvera kreću se od stotinjak pa sve do nekoliko stotina pa i tisuća dolara, što ovisi o mogućnostima koje softver pruža.

Za potrebe DNC sustava u Laboratoriju alatnih strojeva odabran je softver tvrtke Cimco Integration. Ovaj softver jedan je od najpopularnijih i najčešće korištenih u svijetu DNC-a. To je zapravo softverski paket koji se sastoji od nekoliko povezanih aplikacija odnosno modula. Ti moduli zajedno ispunjavaju sve funkcije koje suvremeni DNC sustavi moraju podržavati. Svaki od modula biti će ukratko objašnjen sa glavnim karakteristikama i slikama na kojima se vidi izgled sučelja.

Cimco Edit

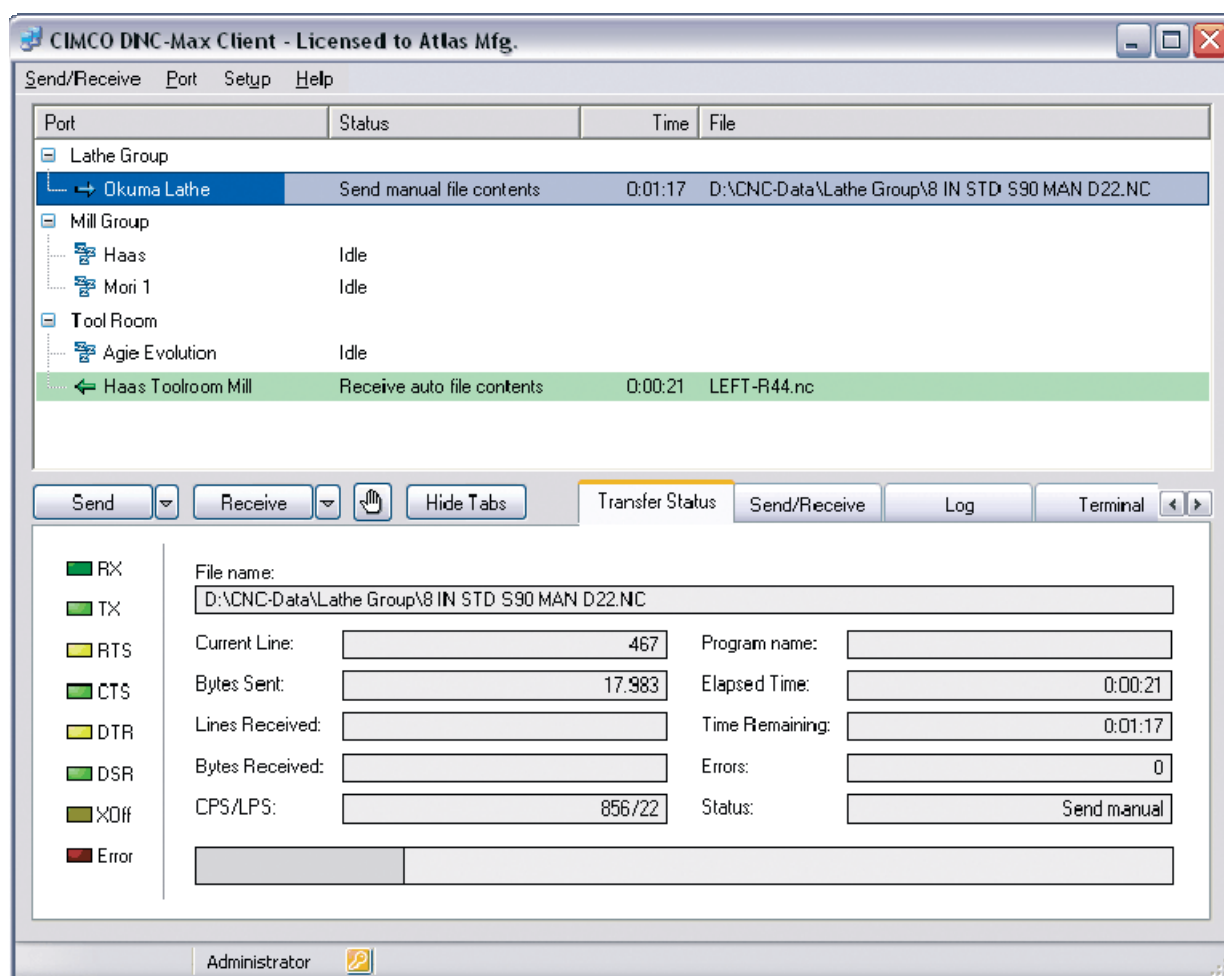
Ovo je editor odnosno uređivač NC programa sa mnoštvom dodatnih funkcija. Koriste ga profesionalni CNC programeri koji uz razne dodatne funkcije zahtijevaju pouzdanost i mogućnost grafičke simulacije obrade. Neke od dodatnih funkcija su: inteligentna automatska usporedba programa, podrška za osnovne DNC operacije, podrška za Mazatrol tip datoteka, generiranje NC koda iz dxf crteža itd.



Slika 6.6 Cimco Edit – grafička simulacija obrade [16]

Cimco DNC-Max

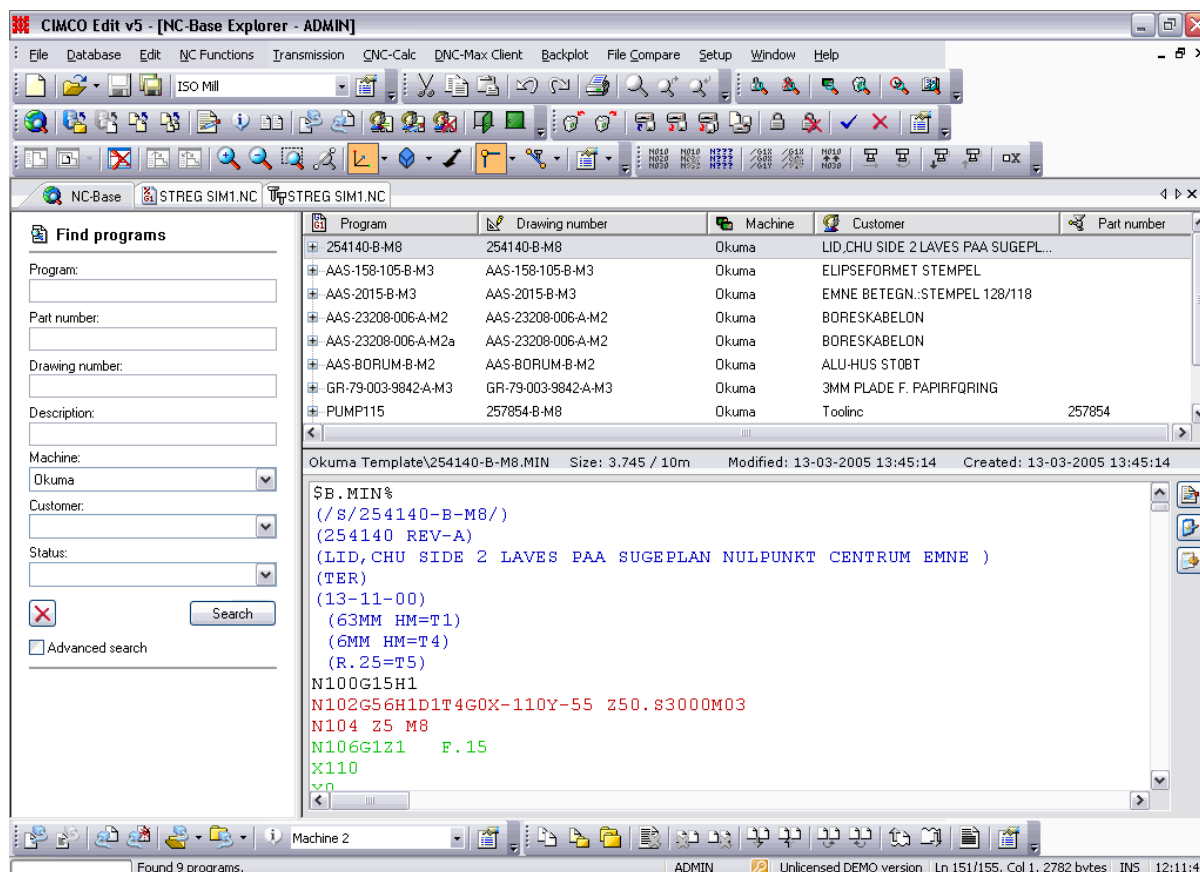
Ovo je profesionalno DNC rješenje za komunikaciju između suvremenih CNC alatnih strojeva i osobnih računala. Odlikuje ga fleksibilnost, iako je predviđen za vrlo velike sustave sa stotinama strojeva, lako se integrira i jednostavno koristi kod malih sustava sa tek nekoliko strojeva. Ima ugrađenu podršku za sve vrste upravljačkih naprava i sve vrste komunikacije. U integraciji sa Cimco NC-Base modulom postaje cjelovito rješenje za upravljanje NC programima u punom smislu.



Slika 6.7 Cimco DNC-Max – prikaz priključenih strojeva i status komunikacije [16]

Cimco NC-Base

Profesionalno rješenje za upravljanje NC programima i pripadajućim dokumentima vezanim uz proizvodnju. Velike koristi ima u sustavima sa puno strojeva, velikim brojem NC programa, i velikim brojem korisnika DNC sustava.



Slika 6.8 Cimco NC-Base [16]

Cimco MDC-Max

Ovaj modul služi za prikupljanje podataka iz proizvodnje.

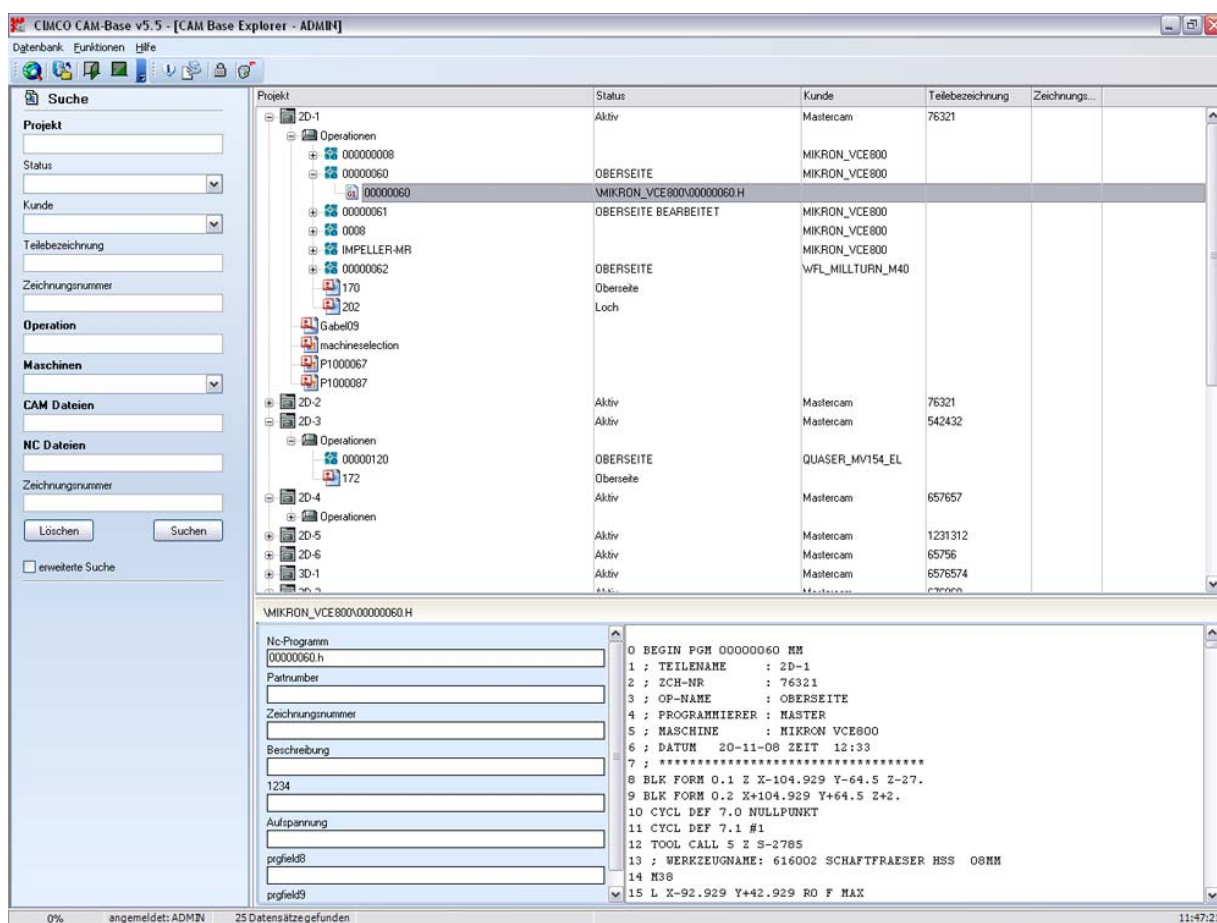
Machine	Program	Status	Cycle
Fanum OM	804-034-002 LOP 1	Alarm	00:00:15
Total cycle: 00:01:13 Min. Cycle: 00:00:07 Max. Cycle: 00:00:15 Avg. Cycle: 00:00:12 Count: 6			
Haas	804-03-034 ITEM 1 OP 2	Idle	00:00:15
Total cycle: 00:01:11 Min. Cycle: 00:00:06 Max. Cycle: 00:00:15 Avg. Cycle: 00:00:11 Count: 6			
Mazak M32	NONE	Running	00:00:01
Total cycle: 00:01:11 Min. Cycle: 00:00:06 Max. Cycle: 00:00:15 Avg. Cycle: 00:00:11 Count: 6			
Okuma OSP	TEST-131010	Running	00:00:01
Total cycle: 00:01:13 Min. Cycle: 00:00:06 Max. Cycle: 00:00:15 Avg. Cycle: 00:00:12 Count: 6			

Licensed to Atlas Mfg. OVR

Slika 6.9 Cimco MDC-Max – prikaz statusa strojeva [16]

Cimco CAM-Base

Ovo je kompletno rješenje za organizaciju i upravljanje svim dokumentima i informacijama vezanim uz proizvodnju i prikupljenim iz proizvodnje. Za razliku od modula NC-Base, ovaj modul nije ograničen samo na tehničku dokumentaciju odnosno na takvu vrstu datoteka već može raditi sa svim poznatijim datotekama kao što su Word, Power Point, Excel, razne slike i drugo. U pravilu ovaj modul Cimco softvera je zapravo cjelovito PDM rješenje.



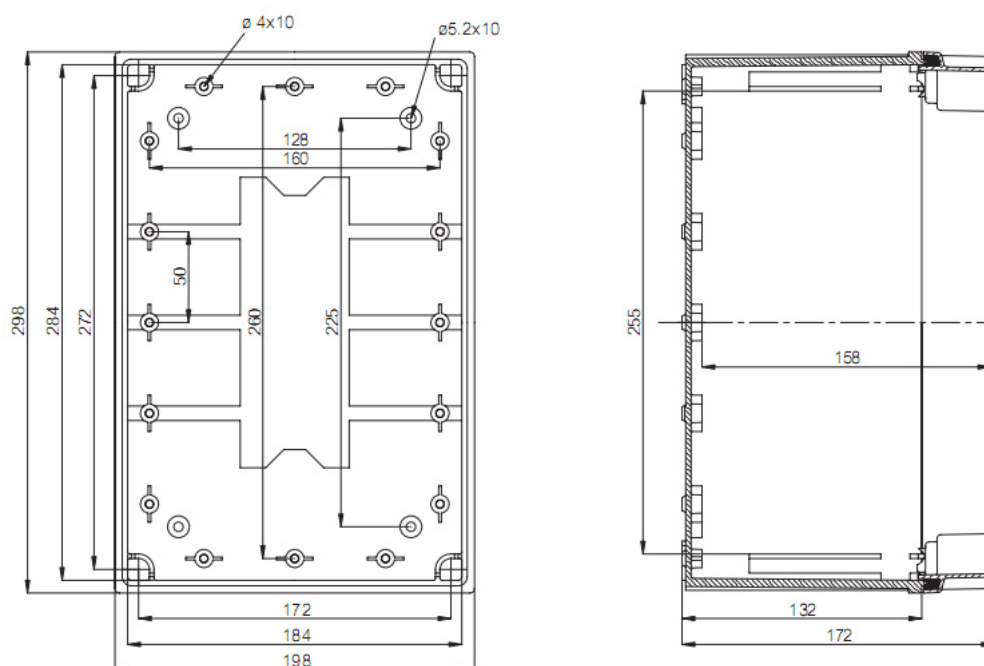
Slika 6.10 Cimco CAM-Base – prikaz raznih projekata i pripadajućih datoteka [16]

6.6 Izvedba i tehnička dokumentacija

Prethodno je već spomenuto da će se DNC sustav sastojati od osam priključnih čvorova. Na svakom tom čvoru nalaziti će se jedan mrežni preklopnik i jedan pretvornik serijske veze na mrežu. Svaki od ta dva uređaja ima vlastiti strujni adapter za napajanje. Očigledno je da je to dosta opreme i da je potrebno smisliti način kako to sve zajedno povezati odnosno montirati. Pošto niti jedan od tih uređaja sam po sebi ne udovoljava stupnju zaštite kakav bi trebao biti u proizvodnom okruženje, kao logično rješenje nameće se korištenje zajedničke kutije odnosno ormarića za ugradnju svih spomenutih komponenti. U skladu s veličinom i brojem komponenti koje treba zajedno ugraditi, odabrana je kutija dimenzija 200 x 300 mm od proizvođača Fibox.

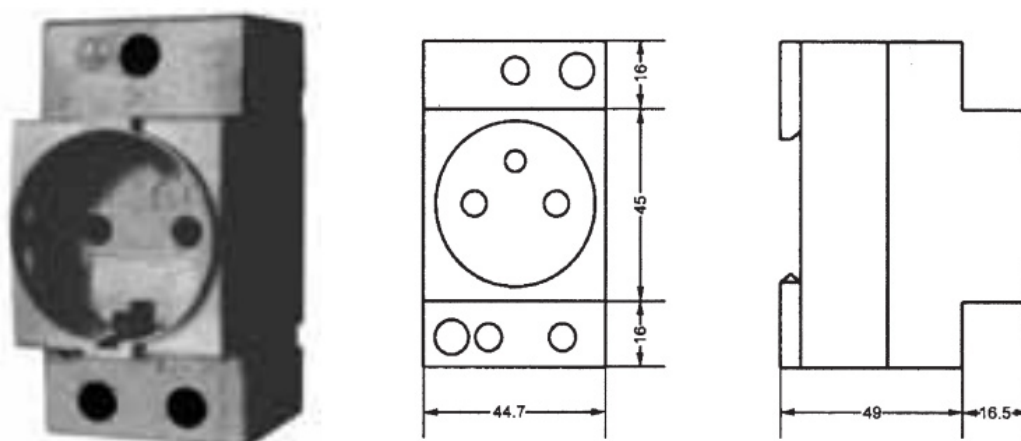
Karakteristike odabrane kutije [21] :

- dimenzije: 200 x 300 x 170 mm
- materijal: Polikarbonat
- stupanj mehaničke zaštite: IP 66/67
- stupanj otpornosti na udarce: IK 08
- električna izolacija: 100% izolirano
- raspon radne temperature: -40°C do 80 °C



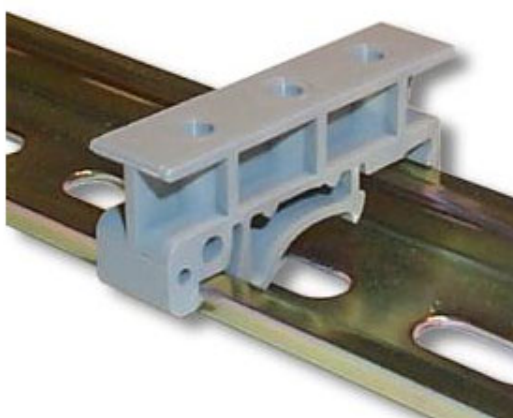
Slika 6.11 Kutija za elektroničke komponente Fibox [21]

Svaki od dva ključna uređaja koja se ugrađuju u kutiju imaju svoj vlastiti adapter za napajanje koji se spaja na standardnu utičnicu za 220V. Iako je u teoriji moguće koristiti jedan zamjenski ispravljač za oba uređaja, najbolje rješenje je ipak korištenje originalnih strujnih adaptera koji se isporučuju uz uređaje. Iz tog razloga u svaku kutiju biti će ugrađene po dvije 220V utičnice. Te utičnice kompaktnih su dimenzija i montiraju se na DIN šinu 35 mm.



Slika 6.12 Priključnica 220V za montažu na DIN šinu 35 mm [22]

Osim ovih priključnica, i pretvornik serijske veze na mrežu isto ima pripremu za montažu na standardnu DIN šinu od 35 mm. Takva šina vijcima se pričvrsti na zadnju stranu kutije i na nju se vrlo lako montiraju komponente predviđene za to.



Slika 6.13 Standardna DIN šina 35 mm [19]

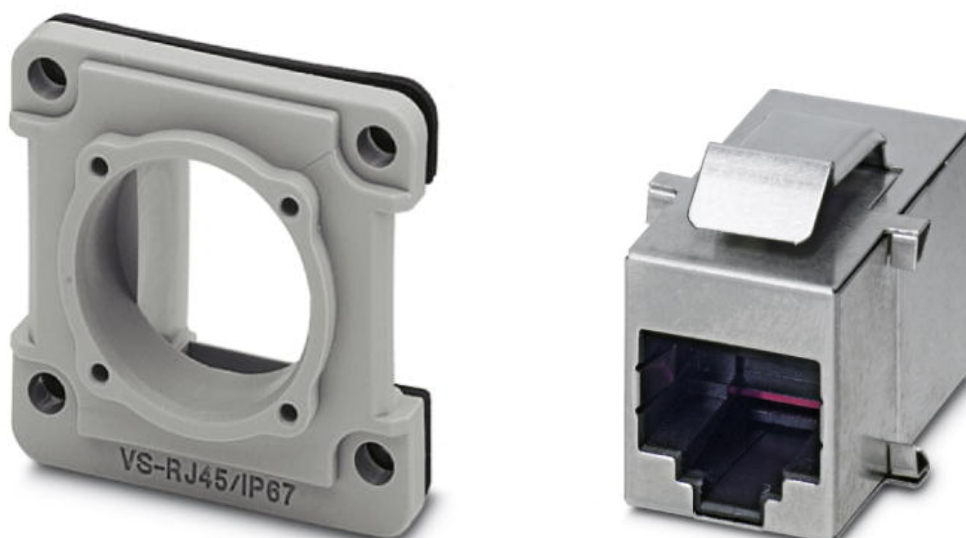
S obzirom na to da sama kutija udovoljava vrlo visokom stupnju mehaničke zaštite, potrebno je da i konektori za kablove isto tako odgovaraju istom stupnju zaštite. Iz tog razloga koristiti će se visokokvalitetni konektori od firme Phoenix Contact koji su deklarirani za IP67 stupanj zaštite.

Za RS-232 sučelje odabran je konektor iz jednog dijela pod kodom VS-09-A-GC-ST/ST.

Za Ethernet sučelje odabran je zaštitni okvir pod kodom VS-08-A-RJ45/MOD-1-IP67 plus RJ45 umetak pod kodom VS-08-BU-RJ45/BU.



Slika 6.14 RS-232 konektor za montažu na kutiju [23]

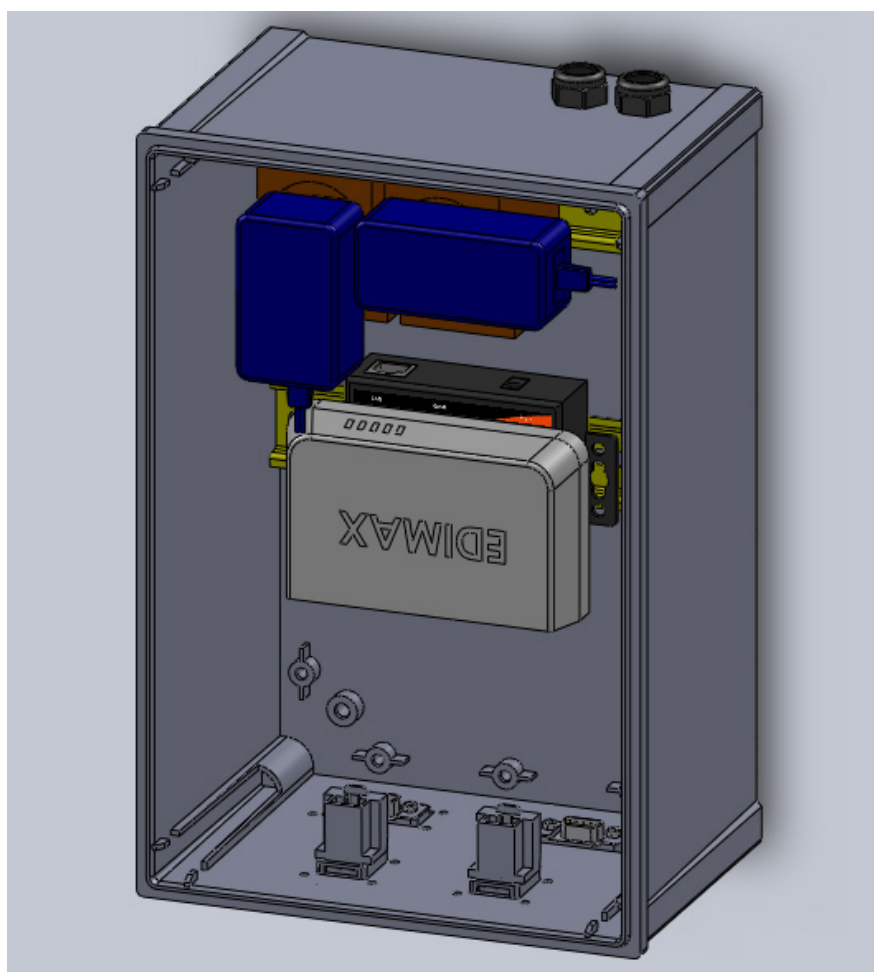


Slika 6.15 Ethernet konektor iz dva dijela [23]

U kutiju je potrebno dovesti dva dolazna kabela: jedan za 220V napajanje, a drugi za Ethernet mrežu. Pošto će ti kabele biti samo jednom uvedeni u kutiju i spojeni na unutarnje komponente, nema potrebe za korištenjem priključnih konektora namijenjenih za učestalo spajanje i odspajanje. Da bi se osigurala zaštita IP 67 koristiti će se plastične kableske uvodnice sa navojem.



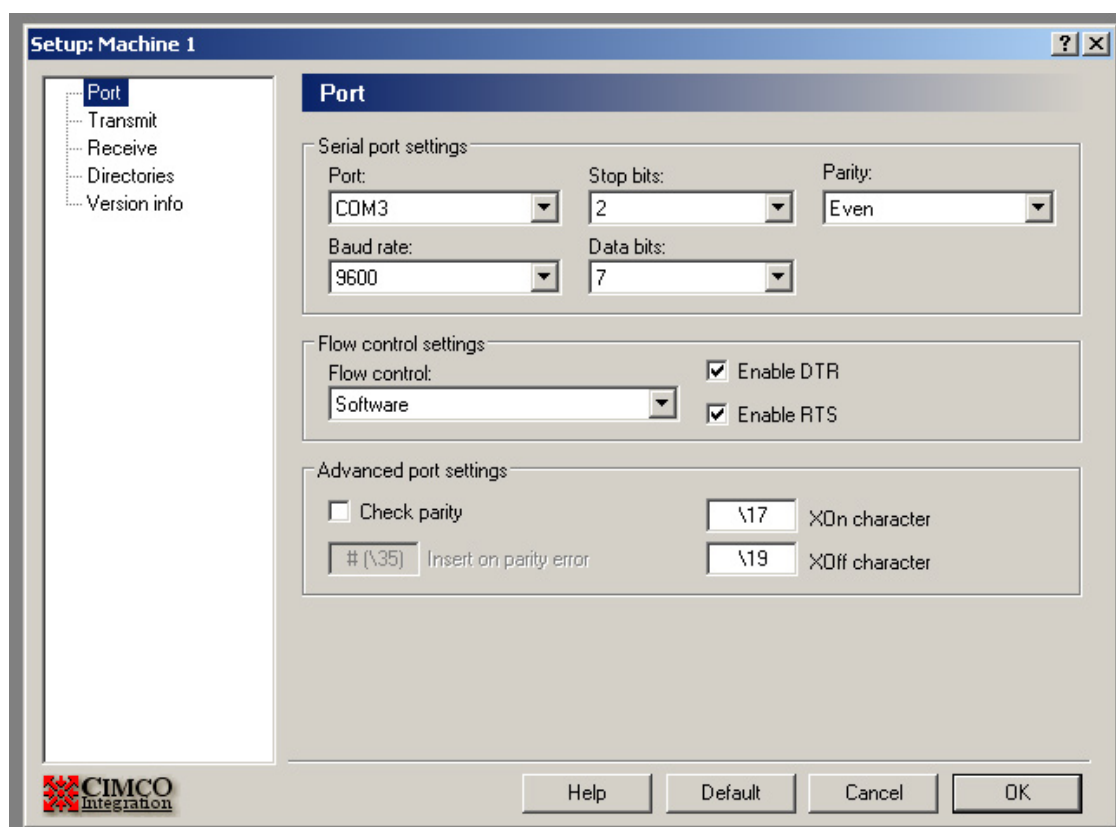
Slika 6.16 Plastične kableske uvodnice za stupnjem zaštite IP67 [24]



Slika 6.17 Izgled gotove kutije sa ugrađenim komponentama

6.7 Podešavanje parametara za komunikaciju

Za svaki stroj, u DNC softveru potrebno je podesiti parametre za komunikaciju. U većini slučajeva ti parametri mogu se podesiti na više načina odnosno u određenom rasponu. Najbitnije je da su parametri jednako podešeni na CNC stroju i u softveru.



Slika 6.18 Cimco DNC-Max – podešavanje parametara za komunikaciju

Baud Rate - brzina prijenosa podataka kroz nesinkroni kanal. Često ovaj pojam zamjenjuje sa BPS (bitovi po sekundi). Međutim, ovaj pojam odnosi se na broj signala u sekundi. Kako svaki signal može predstavljati više od jednog bita podataka, broj bitova po sekundi većinom je veći nego što je baud rate. Na primjer, 2400 bps najčešće se šalje na baud rate 600.

Data bits - grupa bitova (jedinica i nula) koja predstavlja jedan znak ili bajt. Većinom se radi o 7 ili 8 data bitova. Tijekom nesinkrone komunikacije oba dvije strane moraju se složiti o broju bitova. Ispred data bitova ide start bit, a iza ide paritetni bit te jedan ili više stop bitova.

Flow control - Metoda za kontroliranje količine podataka koje dva uređaja izmjenjuju. Ako podaci stižu brže nego što se mogu obraditi, spremaju se u privremeni spremnik. Kada je taj spremnik pun, strana koja prima podatke šalje signal drugoj strani da privremeno zaustavi slanje podataka dok se privremeni spremnik ne isprazni. Postoji hardverska i softverska kontrola protoka podataka.

Handshaking (rukovanje) - to je način na koji se kontrolira i regulira protok podataka između dva uređaja. Postoje dvije vrste: softversko rukovanje (software handshaking) i hardversko rukovanje (hardware handshaking). Važna razlika kod vrste signala na interfejsu je između podatkovnih signala (data signal) i kontrolnih signala (control signal). Podatkovni signali su jednostavno pinovi koji šalju i primaju znakove odnosno podatke, a kontrolni signali služe za sve ostalo odnosno za kontrolu protoka podataka.

Parity - paritet, način provjere točnosti podataka. Najčešća varijanta je "even" u kojoj broj jedinica u bajtu podataka bude paran broj.

RTS/CTS hardware handshaking - vrsta hardverskog rukovanja kod kojeg se koriste dodatne žice preko kojih se strani koja šalje podatke može reći da zaustavi odnosno nastavi sa slanjem podataka. DTR i RTS nazivi su za linije preko kojih se ovakvo rukovanje odvija.

Xon/Xof flow control - to je softverski način rukovanja odnosno kontrole protoka podataka. Koristi "Xon/Xoff" znakove za obavješćavanje strane koja šalje podatke o tome kada treba zaustaviti slanje odnosno nastaviti. Kada je privremena memorija na strani koja prima podatke gotovo puna, ta strana će odaslati Xoff znak drugoj strani. Strana koja šalje tada zaustavlja protok podataka i čeka Xon znak nakon kojeg se slanje podataka nastavlja. Uobičajeni znakovi koji se koriste su decimalni brojevi u ASCII zapisu, 17 za Xon i 19 za Xoff.

7. ZAKLJUČAK

Iako je na prvi pogled moguće dobiti dojam da je DNC upravljanje kao tehnologija malo područje i da se tu nema puno za govoriti, nakon ovoga rada vidi se da to nije tako. Današnji DNC sustavi ne mogu se usporediti sa izvornim značenjem DNC upravljanja prvenstveno iz razloga što pružaju znatno više funkcija od samog učitavanja NC programa u upravljačku napravu stroja.

DNC sustavi danas su prošireni sa smislom uključenja u planiranje i praćenje proizvodnih procesa. To podrazumijeva prikupljanje i pohranjivanje svih podataka o proizvodnji kao što su zauzetost stroja, vrijeme radnog ciklusa, broj proizvedenih izradaka u nekom vremenu itd. Iz svih tih podataka naknadno se mogu izračunati razni pokazatelji o efikasnosti proizvodnog procesa. U konačnici se sve to svodi na optimiranje i planiranje proizvodnje u smislu smanjenja troškova i povećanja proizvodnosti.

Na tržištu postoje tvrtke koje nude cjelovita rješenja za realizaciju DNC sustava odnosno kompletan potreban hardver i softver. Potreban hardver ovisi o raznolikosti strojeva koji će biti uključeni u sustav. Ukoliko su svi strojevi novije generacije i posjeduju moderno sučelje za povezivanje kao što je Ethernet, tada nije potreban gotovo nikakav posebna hardver osim lokalne računalne mreže (LAN). U slučaju da se u jednom proizvodnom pogonu nalaze strojevi različite generacije, gotovo je sigurno da će biti potrebno koristiti dodatni pomoćni hardver kao što su pretvornici protokola i slično.

Što se softvera tiče, tu je stvar nešto složenija. Prvo treba definirati što se od DNC sustava traži, dali samo osnovne funkcije u smislu prebacivanja NC programa ili nešto više, kao npr. prikupljanje podataka iz proizvodnje. Većina DNC softvera koji se mogu naći u upotrebi je na profesionalnoj razini i komercijalni su tj. njihovo korištenje se plaća. Mogu se naći i besplatni softveri, međutim u tom slučaju gotovo je sigurno da će DNC sustav biti ograničen na izvršavanje samo osnovnih funkcija odnosno distribuciju NC programa kroz DNC sustav.

8. LITERATURA

- [1] Cebalo, R., Ciglar, D., Stoić, A.: Fleksibilni obradni sustavi, Zagreb, 2005.
- [2] http://www.wood.org.nz/galleries/demonstrators/images/old_lathe.jpg (pristupio dana 10.09.2010.)
- [3] http://www.bandrcustommachining.ca/documents/2007_Okuma_CNC_Lathe.JPG (pristupio dana 10.09.2010.)
- [4] Ciglar, Damir: Uvod, značaj i podjela alatnih strojeva, predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Katedra za alatne strojeve
- [5] Udiljak, Toma: Proizvodnja podržana računalom – CAM, predavanja, Fakultet strojarstva i brodogradnje, Katedra za alatne strojeve
- [6] <http://www.directindustry.com> (pristupio dana 10.09.2010.)
- [7] http://img.brothersoft.com/screenshots/softimage/g/gcode_2000-220047-1237170335.jpeg (pristupio dana 10.09.2010.)
- [8] http://en.wikipedia.org/wiki/Direct_numerical_control (pristupio dana 10.09.2010.)
- [9] http://www.strippittech.com/HECC80-1_Control2.jpg (pristupio dana 15.09.2010.)
- [10] <http://www.chilton-computing.org.uk/gallery/ral82/med/r82r3181m.jpg> (pristupio dana 15.09.2010.)
- [11] <http://www.quatech.com/applications/cnc-dnc-appex-pic.jpg> (pristupio dana 15.09.2010.)
- [12] DNC-prezentacija.ppt

- [13] <http://www.diit.de> (pristupio dana 22.09.2010.)
- [14] <http://www.machinetoolhelp.com> (pristupio dana 22.09.2010.)
- [15] <http://www.digitek-asi.com/faq/faq.htm> (pristupio dana 22.09.2010.)
- [16] <http://www.cimco.com> (pristupio dana 03.10.2010.)
- [17] <http://www.networkdnc.com/aboutdnc.html> (pristupio dana 03.10.2010.)
- [18] spvp.zesoi.fer.hr/predavanja/skripta/rs232.pdf (pristupio dana 03.10.2010.)
- [19] <http://aaxeon.com> (pristupio dana 02.11.2010.)
- [20] <http://www.edimax.com> (pristupio dana 02.11.2010.)
- [21] <http://www.fibox.com> (pristupio dana 02.11.2010.)
- [22] <http://www.exteh.hr> (pristupio dana 07.11.2010.)
- [23] <http://www.phoenixcontact.com> (pristupio dana 11.11.2010.)
- [24] <http://img-europe.electrocomponents.com> (pristupio dana 11.11.2010.)